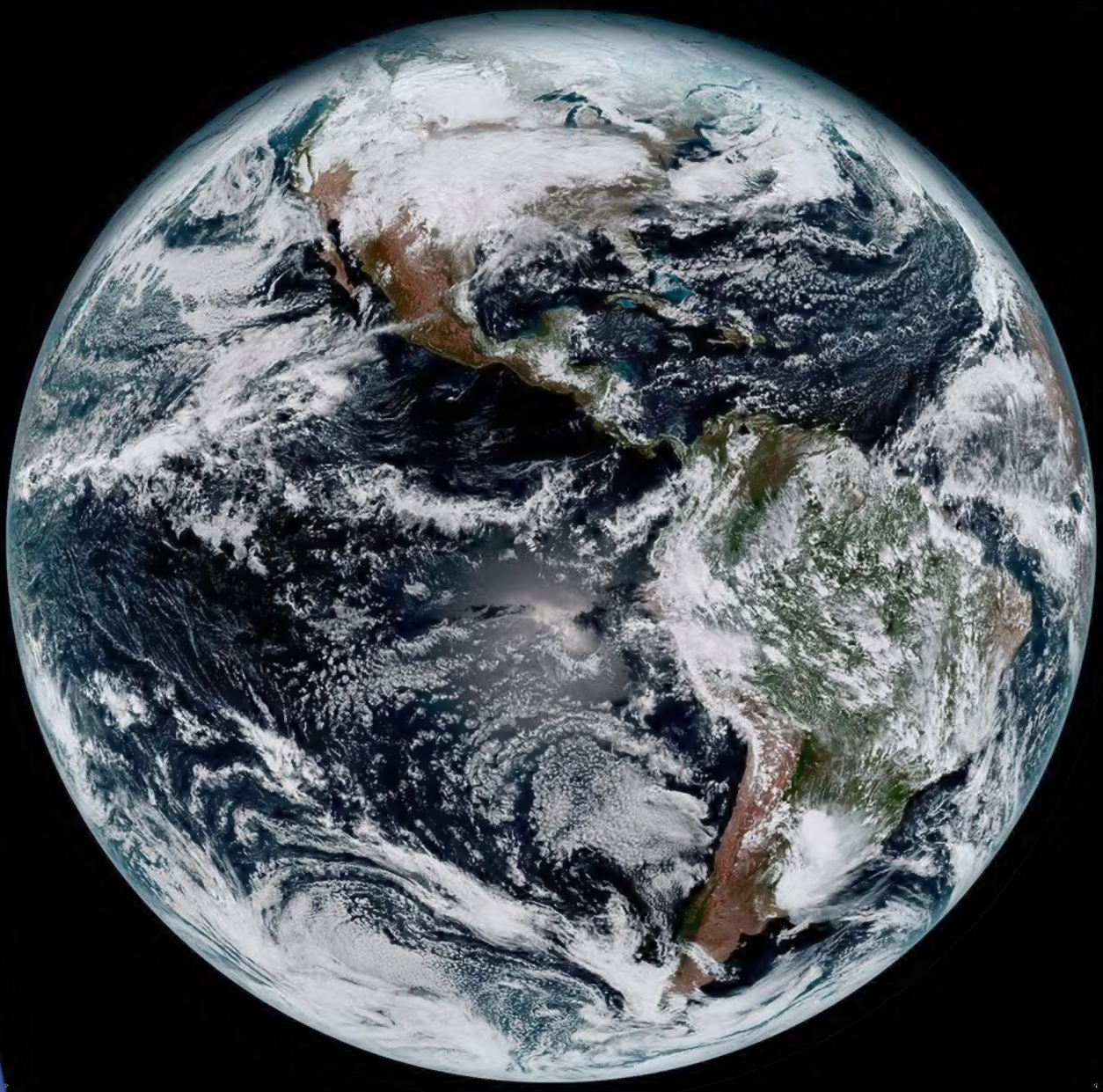
FOLHA
Criacionista
Publicação da Sociedade Criacionista Brasileira. Ano 23 – Nº 51 – 2º semestre/1994

EVIDÊNCIAS DE PLANEJAMENTO



CRISTAIS DE NEVE

Sociedade Criacionista Brasileira

Nossa capa

Nossa capa reproduz uma das numerosas fotografias tiradas de nossa Terra, à distância, a bordo de um dos também numerosos artefatos espaciais que nas últimas cinco décadas começaram a orbitar o nosso planeta.

Com o avanço da tecnologia espacial, a simples observação de nosso planeta Terra à distância, e a comparação que nos vem à mente de imediato ao nos volvermos também à observação de outros corpos do nosso sistema solar, levam-nos a uma indagação inexorável - "Por que tão grandes diferenças?"

De fato, Mercúrio, Vênus, Marte e todos os satélites dos planetas do Sistema Solar, com sua superfície sólida cravejada de crateras, mostram-se "vazios" e "sem forma", no sentido de não apresentarem sinais de vida, nem de uma "modelagem" que pudesse ter vindo proporcionar condições para a manutenção da vida.

Da mesma forma. Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, corpos gasosos, e o distante Plutão, apresentam também um inóspito panorama abiótico.

Somente nosso planeta, com as peculiaridades de sua crosta, de sua hidrosfera e de sua atmosfera, possui uma biosfera, na qual se manifesta uma rede intrincada de relacionamentos entre o inorgânico e o orgânico, sobretudo com a presença e as atividades dos seres humanos.

Do caos à ordem, por força do acaso cego, mecanicista? Ou do planejamento à execução, dentro de propósitos e desígnios superiores, transcendentes?

Um simples floco de neve, a estrutura dos vertebrados, ou a arquitetura das árvores - tópicos que são considerados neste número da Folha Criacionista, dentre uma infinitude de outros - aí estão para nos apresentar nessa escala menor aquilo que em maior escala nos deslumbra na fotografia de nosso planeta à distância.

FOLHA CRIACIONISTA Nº 51

Primeira edição: Impressa na Gráfica e Editora Qualidade - Núcleo Bandeirante – DF.
Setembro de 1994 - 500 exemplares

Editores Responsáveis: Ruy Carlos de Camargo Vieira
Rui Corrêa Vieira

Desenhos: Francisco Batista de Mello

Segunda edição: Edição eletrônica pela SCB
1º semestre de 2017

Editores Responsáveis: Ruy Carlos de Camargo Vieira
Rui Corrêa Vieira

Endereço da Sociedade Criacionista Brasileira em 2017, ano da reedição deste número da Folha Criacionista:

SCB

Telefone: (61)3468-3892
e-mail: scb@scb.org.br
Sites: www.criacionismo.org.br e
www.revistacriacionista.org.br

Editorial

NOTA EDITORIAL ACRESCENTADA À REEDIÇÃO DESTE NÚMERO DA FOLHA CRIACIONISTA

A reedição deste número e dos demais números dos periódicos da Sociedade Criacionista Brasileira faz parte de um projeto que visa facilitar aos interessados o acesso à literatura referente à controvérsia entre o Criacionismo e o Evolucionismo.

Ao se terminar a série de reedições dos números dos periódicos da SCB e com a manutenção do acervo todo em forma informatizada, ficará fácil também o acesso a artigos versando sobre os mesmos assuntos específicos, dentro da estrutura do Compêndio "Ciência e Religião" que está sendo preparado pela SCB para publicação em futuro próximo.

Os Editores responsáveis da Folha Criacionista

Ruy Carlos de Camargo Vieira e Rui Corrêa Vieira

Brasília, Janeiro de 2017

É com satisfação que a Sociedade Criacionista Brasileira lança este quinquagésimo-primeiro número da Folha Criacionista, encerrando seu vigésimo-terceiro ano de existência.

É com maior satisfação ainda, que a Sociedade, além de manter o mesmo padrão gráfico de qualidade iniciado com o número 49 da Folha, apresenta neste número dois artigos específicos da lavra de um de seus Editores.

Que este fato possa encorajar nossos leitores a escrever também, e nos enviar artigos para publicação, dentro dos objetivos que vimos colimando desde o início de nossas atividades.

A idéia central que se tentou ressaltar como tema deste número da Folha Criacionista foi a da Teleologia, ou seja, das evidências a favor de planejamento, projeto, desígnio, e propósito, na natureza que nos circunda. Os três artigos aqui apresentados abrangem, respectivamente, aspectos específicos pertinentes aos reinos mineral, animal e vegetal, exemplificando de maneira ampla e profunda a atuação de uma inteligência sobrenatural no planejamento e na execução daquilo que se convencionou chamar de "natureza". Em outras palavras - o natural nos aponta inexoravelmente para o sobrenatural!

Panteísmo à parte, parece ser essa a razão pela qual se depara com frequência com a grafia Natureza (com N maiúsculo), de forma totalmente injustificável!

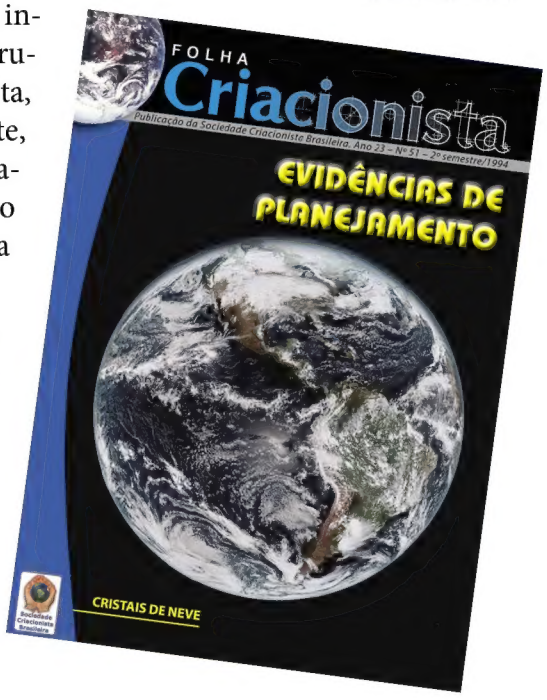
O terceiro artigo, escrito por autor que evidentemente não é criacionista, como deixa transparecer o seu próprio texto, inteiramente pautado pela estrutura conceitual evolucionista, pode ser lido, não obstante, também sob a óptica do Criacionismo, apontando para o planejamento e propósito na arquitetura das árvores.

As Notícias, como sempre, são diversificadas, destacando aspectos da controvérsia Criacionismo/Evolucionismo que são objeto de divulgação pelos meios de comunicação, ou que, por uma razão ou outra, merecem ser destacados à guisa de alerta para aqueles que tendem a aceitar precipitadamente, sem maiores questionamentos, as declarações pouco científicas de que "está cientificamente comprovado que...".

É também com satisfação que a Sociedade Criacionista Brasileira pode já, com antecipação, informar que o número 52 da Folha Criacionista, em fase final de editoração, tratará exclusivamente dos seis dias da Criação, conforme descritos no texto bíblico de Gênesis.

Finalmente, nunca é demais renovar os agradecimentos da Sociedade Criacionista Brasileira a todos os que têm prestado sua colaboração, direta ou indiretamente, para que a Folha Criacionista pudesse continuar a ser publicada, trazendo esclarecimento e informação que poderão vir a ser de grande valor para os estudiosos desses importantes assuntos relacionados com as origens de todas as coisas.

Os Editores



Sumário

05 - ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE AS MARAVILHAS DA NEVE
Ruy Carlos de Camargo Vieira

15 - PLANEJAMENTO FÍSICO DOS SERES VIVOS
Ruy Carlos de Camargo Vieira

29 - ARQUITETURA DAS ÁRVORES
P. B. Tomlinson

Notícias

42 - AS EXPERIÊNCIAS DE PASTEUR

44 - SPUTNIK, CURRÍCULOS E LIVROS TEXTOS, E A CONTROVÉRSIA ENTRE O EVOLUCIONISMO E O CRIACIONISMO

46 - E AS EVIDÊNCIAS DO PLANEJAMENTO?

49 - OS CRISTAIS DE NEVE - EVOLUÇÃO OU CRIAÇÃO?

52 - NOAM CHOMSKY

54 - O "BIG BANG" E O TELESCÓPIO ESPACIAL HUBBLE

FOLHA Criacionista

Publicação periódica da Sociedade Criacionista Brasileira (SCB)

Telefone: (61)3468-3892

Sites: www.scb.org.br e www.revistacriacionista.org.br

E-mail: scb@scb.org.br

Edição Eletrônica da SCB

Editores:
Ruy Carlos de Camargo Vieira
Rui Corrêa Vieira

Projeto gráfico:
Eduardo Olszewski
Michelson Borges

Adaptação e atualização do projeto gráfico:
Renovacio Criação

Diagramação e tratamento de imagens:
Roosevelt S. de Castro

Ilustrações:
Victor Hugo Araujo de Castro

Os artigos publicados nesta revista não refletem necessariamente o pensamento oficial da Sociedade Criacionista Brasileira. A reprodução total ou parcial dos textos publicados na Folha Criacionista poderá ser feita apenas com a autorização expressa da Sociedade Criacionista Brasileira, que detém permissão de tradução das sociedades congêneres, e direitos autorais das matérias de autoria de seus editores.

Sociedade Criacionista Brasileira

Folha Criacionista / Sociedade Criacionista Brasileira
v. 23, n. 51 (Setembro, 1994) – Brasília
A Sociedade, 1972-.
Semestral
ISSN impresso 1518-3696
ISSN online 2525-393X
1. Gênese. 2. Origem. 3. Criação
EAN Nº 977-1518-36900-2

PLANEJAMENTO E ACASO

O artigo inicia-se com o tópico Generalidades extraídas da "ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, Macropaedia, Vo1 19, pp. 633- 634, verbete Water e continua com os demais tópicos na linha usual do curso de Mecânica dos Fluidos ministrado pelo Autor na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Recomenda-se, em complementação a este artigo, a leitura da Notícia "OS CRISTAIS DE NEVE - EVOLUCAO OU CRIACAO?", constante deste mesmo Tópico do Compêndio.

Ruy Carlos de Camargo Vieira

Presidente da SCB

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE AS MARAVILHAS DA NEVE

Generalidades sobre a água

Os elementos químicos são compostos de átomos que contêm um núcleo relativamente denso, com prótons e nêutrons constituindo uma parte central com carga elétrica positiva, circundada por uma nuvem de elétrons de carga negativa, conforme modelo simplificado usualmente utilizado para fins didáticos Algumas configurações de elétrons são mais estáveis que outras, e a tendência observada é os átomos cederem ou receberem elétrons para atingir configurações mais estáveis. Um átomo que cede elétrons fica com carga positiva. Um átomo que recebe elétrons fica com carga negativa. Em ambos os casos os átomos são então denominados "íons". Íons de cargas opostas exercem atração entre si, e formam compostos iônicos ou eletrovalentes. A força que mantém unidos os íons é denominada "ligação iônica". Dois átomos podem partilhar elétrons, em vez de transferi-los, e nesse caso a ligação é chamada de "covalente". Átomos ligados por covalência formam moléculas constituindo uma classe de compostos bastante distinta da que resulta dos agregados produzidos por ligação iônica. A molécula de água, consistindo de dois átomos de Hidrogênio e um de Oxigênio, apresenta uma estrutura específica na qual esses átomos se ligam por covalência. O átomo de Oxigênio fica no centro e os átomos de Hidrogênio dispõem-se de forma a constituir uma estrutura tridimensional, assimétrica, com um ângulo central de 104,45° entre os dois "braços" nos quais se posicionam os átomos de Hidrogênio. A distância entre os núcleos do átomo de Oxigênio e de Hidrogênio é de $0{,}9584.10^{-8}$ centímetros. (Figura 1-A).

A estrutura da molécula de água pode ser enquadrada dentro de um tetraedro, conforme indicado na Figura 1-C, no qual, em oposição aos átomos de Hidrogênio, localizam-se nuvens eletrônicas com carga elétrica negativa que constituem a chave para a compreensão do comportamento peculiar da água.

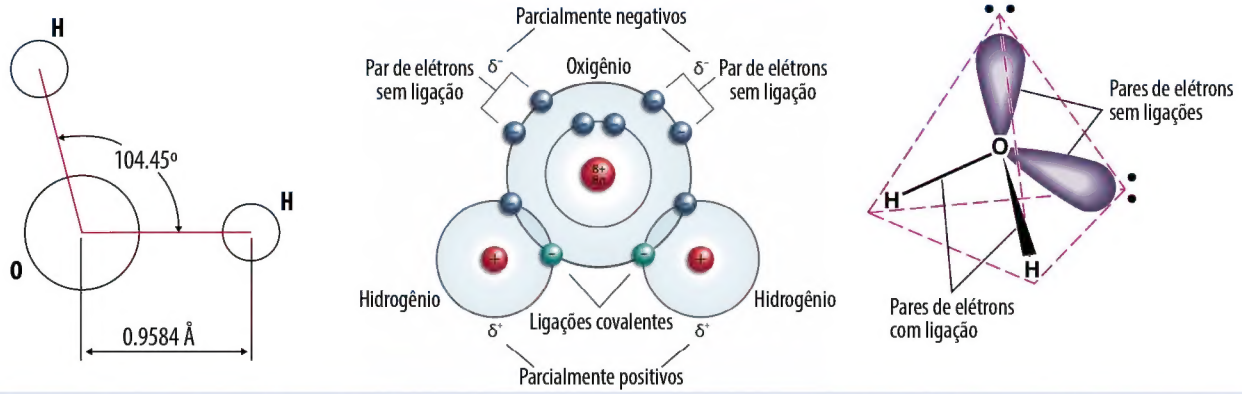


Figura 1 - Estrutura da molécula de água, indicando as suas dimensões e a posição relativa dos elétrons do átomo de Oxigênio e dos átomos de Hidrogênio, com as duas cargas δ parcialmente positivas resultantes da configuração tetraédrica.

De fato, essas nuvens atraem o núcleo do Hidrogênio de uma molécula de água adjacente, formando uma ligação hidrogênica. Essas ligações não são especialmente fortes, mas como orientam as moléculas de água formando uma configuração específica, afetam de maneira significativa as propriedades da água. A singularidade da água parece depender da facilidade com que as moléculas formam extensos agregados tridimensionais polimórficos devido à ligação hidrogênica. (Figura 2).

Na fase gasosa as moléculas de água são grandemente independentes entre si, e apesar das colisões entre as diferentes moléculas, a interação entre elas é pequena. Assim, a água no estado gasoso é principalmente monomérica, isto é, consiste de moléculas individualizadas, indicadas pelo índice 1 [$(H_2O)_1$], podendo ocasionalmente ocorrer na forma dimérica, mediante a união de duas moléculas [$(H_2O)_2$] e talvez bastante raramente na forma trimérica, com a combinação de três moléculas[$(H_2O)_3$]. No estado líquido pode ser induzida a polimerização da água, dando origem à "poli-água", com interessantes propriedades peculiares.

No estado sólido, no outro extremo, as moléculas de água interagem entre si de forma suficientemente forte para dar origem a uma estrutura reticular ordenada. Uma molécula de água capta as quatro outras moléculas mais próximas dispondo-as em torno de si conforme uma configuração tetraédrica, como indicado na Figura 3-A. Quando a água congela, resulta uma malha que pode ser esquematicamente representada por camadas de um rendilhado de anéis hexagonais, como mostrado na Figura 3-B. Como as moléculas nessa malha não ficam compactadas, a água apresenta a propriedade singular de ter menor densidade na fase sólida do que na fase líquida, razão pela qual no inverno se dá primeiramente o congelamento da superfície de lagos e rios.

Ao se congelar a água, podem formar-se várias estruturas que costumam ser indicadas por algarismos romanos. A estrutura indicada na Figura 3-A é a do Gelo-1, o gelo que se forma comumente e é estável à pressão atmosférica. Nove formas distintas de gelo são conhecidas, caracterizadas por suas redes específicas. Mudanças de temperatura e pressão transformam uma espécie de gelo em outra, de forma especifica usualmente indicada mediante diagramas de fase.

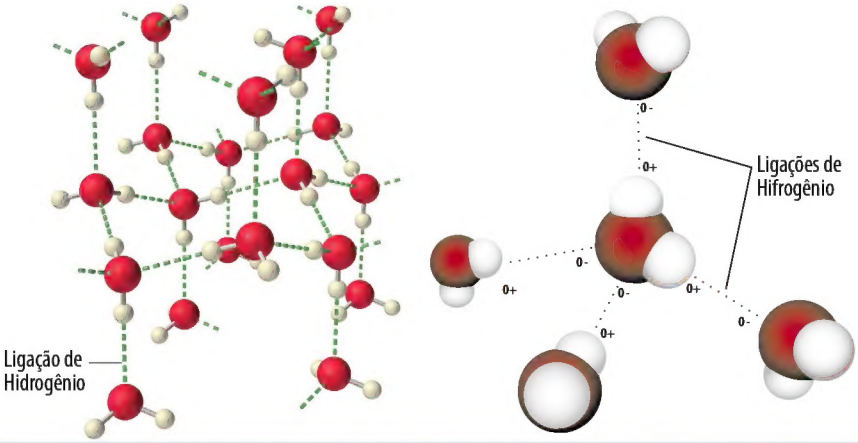


Figura 2 - Na água líquida as ligações de Hidrogênio formam cadeias abertas e devido à movimentação das moléculas elas constantemente separam-se e unem-se proporcionando "fluidez" a essa forma líquida da água.

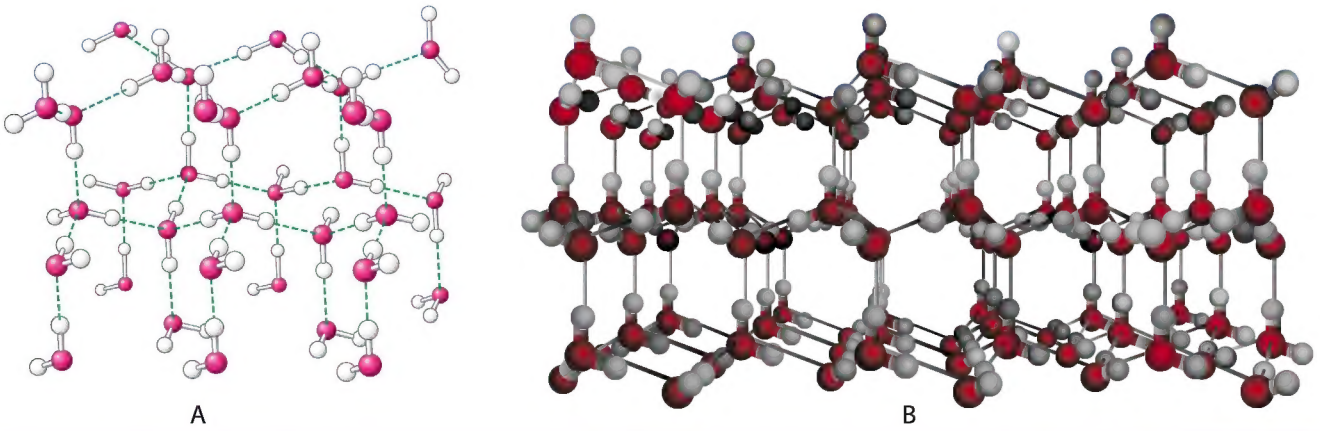


Figura 3

A - Configuração tetraédrica de moléculas de água interagindo entre si na passagem para o estado sólido.

B - Rendilhado de malhas hexagonais espaciais formadas no congelamento da água, responsável pela propriedade de diminuir a densidade da água nesse processo formando o Gelo-1.

A água na atmosfera

O ar atmosférico é uma mistura de Oxigênio, Nitrogênio, dióxido de Carbono, vapor d'água e traços de outros gases, além de eventuais partículas de impurezas em suspensão.

Denomina-se "ar seco" a mistura que compõe o ar atmosférico isenta de impurezas e de vapor d'água. Tal mistura apresenta composição praticamente constante sob quaisquer condições, correspondendo em volume a 21% de Oxigênio e 79% de Nitrogênio e demais gases, e em peso a 23,1% de Oxigênio e 76,9% de Nitrogênio e demais gases.

Denomina-se "ar úmido" a mistura de ar seco com vapor d'água. A composição desta mistura é extremamente variável, podendo corresponder desde ao ar praticamente isento de umidade até ao ar completamente saturado de vapor d'água, dependendo das condições que sejam impostas à mistura.

O estudo das propriedades do ar úmido é feito a partir da consideração de um recipiente que contenha massa unitária de ar seco (1kg) e no qual se introduzam continuamente massas crescentes de água (Figura 4). A solução da água no ar seco, mantida constante a temperatura da mistura, prossegue até ser atingida a saturação, quando novas quantidades de água adicionadas não mais serão dissolvidas, mas sim precipitadas no fundo do recipiente.

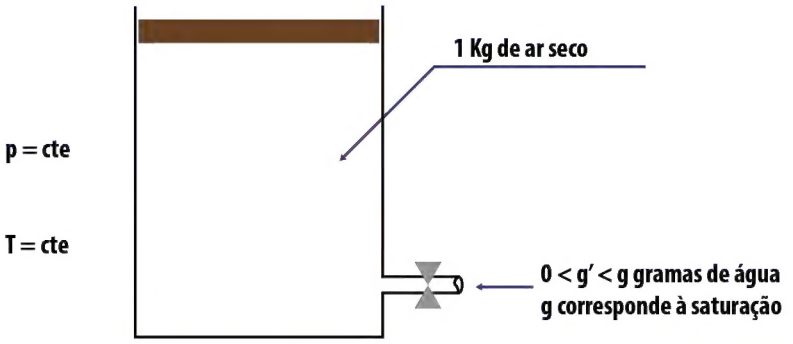


Figura 4 - Esquema ilustrativo para visualizar a solução de água no ar seco, mantidas constantes a pressão e a temperatura da mistura.

A quantidade de vapor d'água é indicada por g' para condições insaturadas, e por g na saturação.

O comportamento da mistura "ar seco / vapor d'água" pode ser estudado mediante a aplicação da lei dos gases perfeitos, com bastante precisão, levando à sua visualização mediante gráficos que recebem o nome de "Carta Psicrométrica", bastante utilizados nos projetos de ventilação e condicionamento de ar.

Na Figura 5 tem-se uma Carta Psicrométrica construída para as condições de pressão atmosférica de 690 mm de coluna de mercúrio. Nas ordenadas dessa Carta tem-se a variável **g'**, ou seja, o número de gramas de vapor d'água dissolvido em 1 kg de ar seco. Essa variável é chamada costumeiramente de "umidade absoluta".

A curva de saturação, correspondente à variável **g** em função da temperatura é indicada no limite superior do gráfico. Nas abscissas têm-se as temperaturas

como usualmente medidas, denominadas "de bulbo seco" para distingui-las das temperaturas "de bulbo úmido". Estas últimas correspondem à condição de saturação, resultante de uma transformação adiabática, atingida a partir de uma condição inicial de temperatura e umidade absoluta.

Transformações adiabáticas, correspondentes à manutenção de valor constante para a temperatura de bulbo úmido, são também indicadas na Carta Psicrométrica como linhas inclinadas de quase 45° com relação ao eixo das abscissas.

Indica-se ainda na Carta Psicrométrica o valor do "ponto de orvalho" correspondente a um par de valores de temperatura e umidade absoluta da mistura de ar úmido. Esse par de valores define as condições do ar úmido na Carta, e a partir do ponto correspondente assim caracterizado obtém-se o correspondente ponto de orvalho mediante uma transformação com diminuição da temperatura, mantido o valor da umidade absoluta, até chegar-se às condições de saturação.

São indicados também na Carta Psicrométrica os valores da umidade relativa em percentuais. O valor de 100% corresponde às condições de saturação, que no caso do ar atmosférico ocorrem por ocasião das precipitações pluviais.

Na Figura 5 têm-se somente temperaturas de bulbo seco maiores do que 0°C, correspondentes à água ou no seu estado líquido, ou no seu estado de vapor. A Carta Psicrométrica poderia ser expandida para temperaturas de bulbo seco inferior a 0 °C, abrangendo assim uma região em que poderiam estar presentes no ar seco partículas de água congelada. No caso do ar atmosférico, essas condições corresponderiam à existência de neve, granizo, saraiva, etc., com a formação de partículas de água no estado sólido. (*)

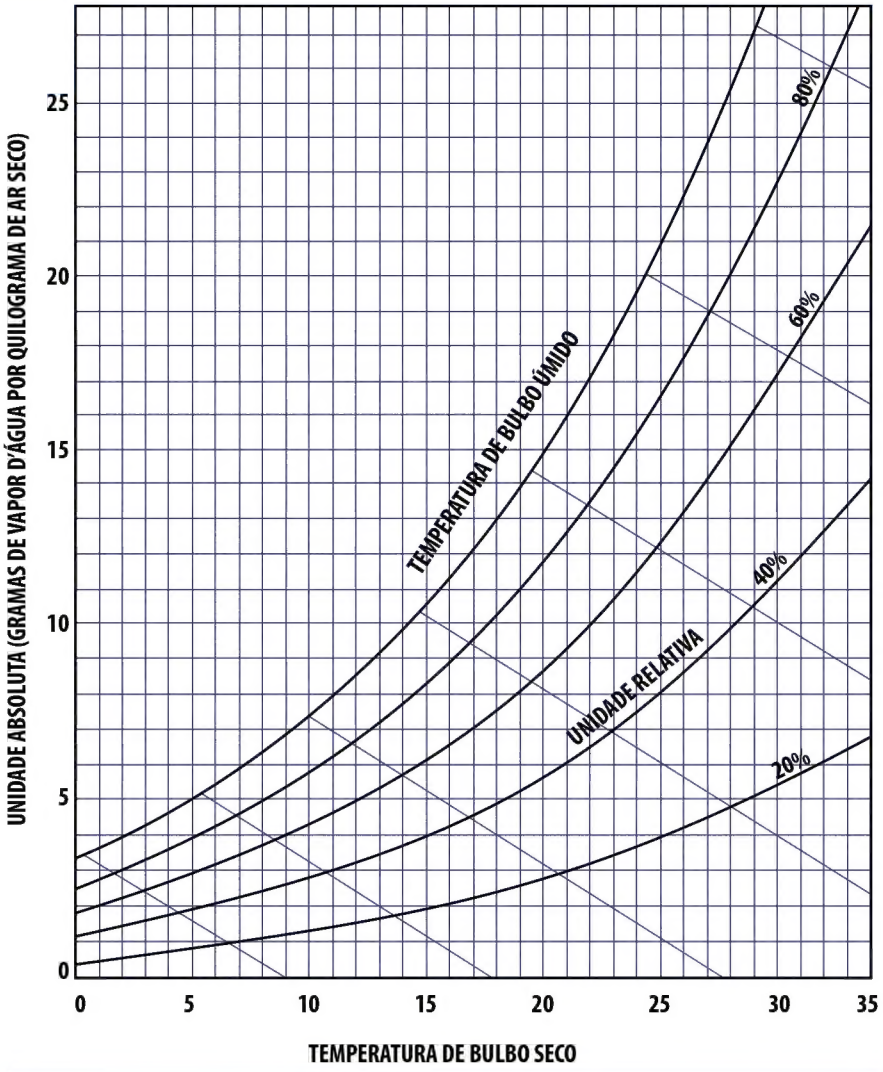


Figura 5 - Carta psicrométrica

As considerações apresentadas a respeito da Carta Psicrométrica encontram-se em VIEIRA, R. C. C. e LOMBARDI, G. "Condicionamento de Ar", pp. 2-9. EESC-USP. 1963. São Carlos, SP.

A neve na atmosfera

A energia irradiada pelo Sol distribui-se de conformidade com o espectro indicado na Figura 6, estendendo-se desde comprimentos de onda de frações de Angstroms até centenas de metros. Cerca de 98% da radiação solar corresponde à faixa de 2500 a 30000 Angstroms. Fora desta faixa a intensidade da radiação é bastante fraca.

O espectro completo dos comprimentos de onda das radiações eletromagnéticas pode ser visto na Figura 7, abrangendo bandas diversas, como a da luz visível, do ultravioleta e do infravermelho, dos raios-X e das ondas de rádio.

Cerca de 46% da energia irradiada pelo Sol estão contidos entre os comprimentos de onda da luz visível de 0,4 a 0,7 micra. O

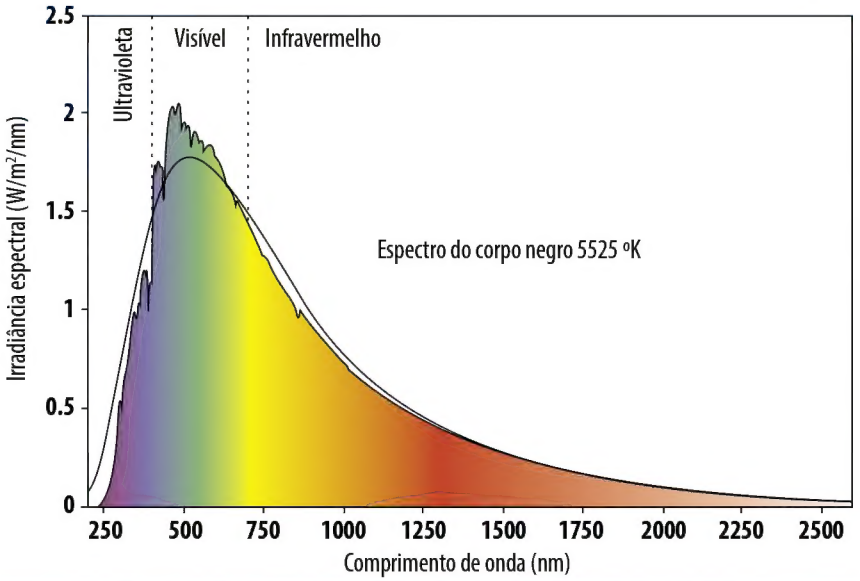


Figura 6 - Espectro da energia eletromagnética irradiada pelo Sol

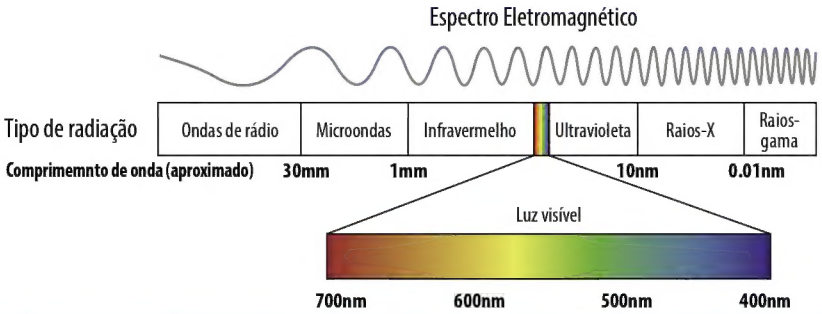


Figura 7 - Espectro eletromagnético completo

Sol irradia energia como uma superfície negra a cerca de 6000°K, com a intensidade máxima em torno de 0,5 micra, comprimento de onda este situado na região verde do espectro.

É importante relembrar que as plantas verdes utilizam para a fotossíntese a radiação correspondente a essa região de intensidade máxima, mediante a ação clorofiliana. O olho humano apresenta maior sensibilidade exatamente para os comprimentos de onda correspondentes a essa faixa! Acaso ou planejamento?!

A energia irradiada pela Terra corresponde principalmente a comprimentos de onda na região do infravermelho, com a intensidade máxima correspondente a 9,7 micra. As superfícies radiantes da Terra apresentam diversidade em função da cobertura do solo, e a energia emitida varia em função do ciclo dia/noite e de outros fatores.

A atmosfera também irradia energia, em função da temperatura, do conteúdo de vapor d'água e de gás carbônico, e das nuvens. Parte dessa irradiação é perdida para o espaço, parte é reabsorvida pela própria atmosfera, e parte retorna ao solo como "contra-radiação". Quando nuvens escurecem o céu, a contra-radiação é maior do que quando o céu está limpo.

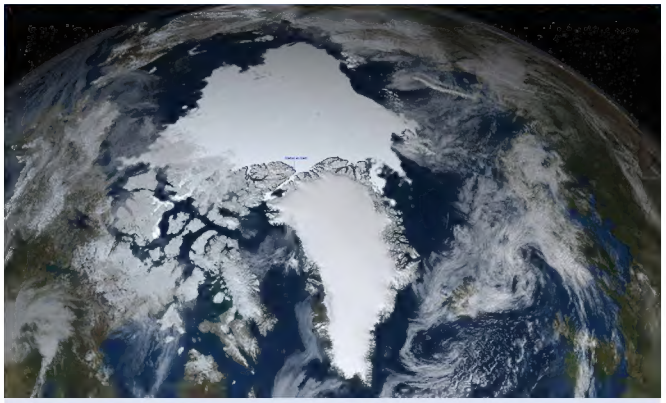
A percentagem da radiação solar recebida pela Terra que é refletida pela superfície é chamada de "refletividade" ou "albedo". Na tabela seguinte são apresentados os valores dos albedos de algumas superfícies naturais.

SUPERFÍCIE	ALBEDO (%)
Neve recente	75-95
Areia seca	30-35
Solo escuro	10-15
Estrada asfaltada	5-17
Concreto	17-27
Nuvens	
Tipo cúmulos	70-90
Estratos	59-84
Estrato-cirros	44-50
Gelo no mar	30-40
Tundra	15-20
Deserto	25-30
Floresta de Coníferas	5-15
Floresta de plantas decíduas	10-20
Cerrado	
Úmido	15-20
Seco	25-30
Matas ciliares	10-20

(Os dados apresentados neste ítem foram retirados de SANDERSON, M., UNESCO, *Sourcebook in Climatology*, pp. 9-10, 22-23, Unesco, Paris, 1990)

Pode-se observar que, dentre as superfícies naturais, uma superfície coberta de neve apresenta os valores mais elevados de refletividade, motivo pelo qual a existência de neve exerce grande influência sobre o clima, induzindo a persistência de condições de frio intenso.

No senso lato, a neve é a fase cristalina da água que se forma ao ar livre, na atmosfera, e que cobre permanente ou temporariamente cerca de 23 por cento da superfície terrestre (Figura 8). Esta cobertura de neve exerce grande influência sobre o clima e sobre a vida animal e vegetal, bem como sobre a vida humana. A pequena absorção de irradiação térmica pela neve, aliada à sua pequena condutividade térmica, induzem a um clima mais frio.



Calota polar ártica

Calota polar antártica

Figura 8 - A Terra no espaço, visualizando-se as calotas polares e outras regiões cobertas por nuvens e por neve.

Por exemplo, as grandes quantidades de calor necessárias para o derretimento da neve atrasam o início da primavera. A baixa condutividade térmica da neve protege as plantas cobertas por ela (tanto as silvestres como as cultivadas) dos efeitos ambientais das temperaturas de inverno mais baixas; e o subsequente derretimento da neve, com o resfriamento do solo pela água, retarda o crescimento das plantas no inicio do verão. As camadas de neve constituem um armazenamento de água que pode ser utilizado para irrigação e para possibilitar a navegação em rios nos períodos em que não se verifiquem precipitações pluviométricas.

Fortes nevascas prejudicam ou até impedem o tráfego de veículos em ruas, estradas e aeroportos, acarretando elevados custos para a sua desobstrução. Em regiões com invernos acentuadamente frios, o período de descongelamento da neve pode praticamente impedir a circulação nas regiões rurais, especialmente onde o subsolo permanentemente congelado impede a infiltração da água. Em regiões de intensas tempestades de neve,

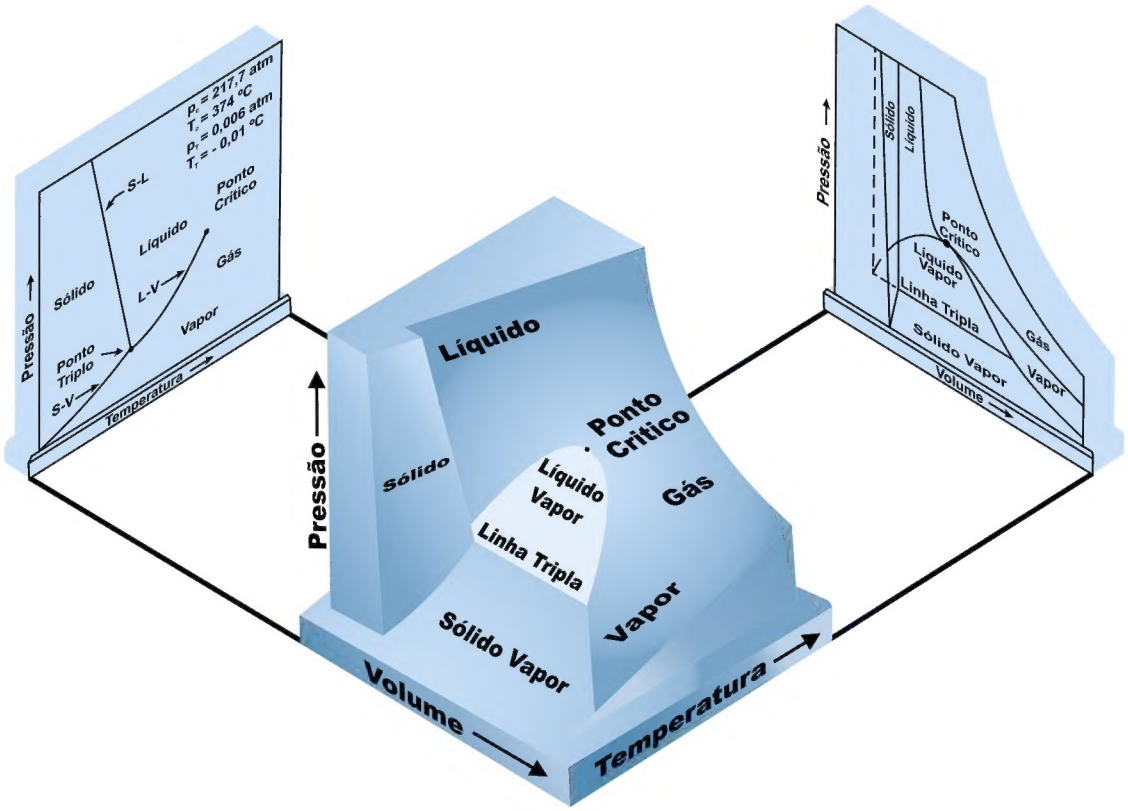


Figura 9 – Superfície de estado da água VIEIRA, R. C. C. Atlas de Mecânica dos Fluidos, volume Estática, pp. 47-49, Editora Edgard Blucher/EDUSP, S. Paulo, 1971.

os telhados das casas têm de ser reforçados e construídos com acentuada inclinação para impedir o acréscimo de peso e para facilitar o deslizamento da neve para baixo. Em regiões montanhosas sujeitas a avalanches, os abrigos à beira das trilhas necessitam de estruturas reforçadas adicionais para a sua proteção.

Por outro lado, uma cobertura de neve possibilita o transporte em áreas que de outra forma permaneceriam inacessíveis. Em muitas regiões transporta-se madeira montanha abaixo ao longo de trilhas sobre a neve pelo simples efeito da gravidade. A vida de muitas tribos de esquimós não se teria tornado possível sem a existência de uma cobertura de neve que possibilitasse o uso de trenós e a construção de iglus.

A água apresenta um comportamento termodinâmico bastante peculiar. Na Figura 9 apresenta-se uma "superficie de estado" que permite a visualização da correspondência entre pares de valores possíveis de pressão e temperatura, e o correspondente valor do volume específico da água em seus vários estados.

Mantendo-se a pressão constante, com valor equivalente ao da pressão atmosférica local, pode-se acompanhar na Figura 9 a variação do volume específico da água à medida que diminui a temperatura.

Verifica-se que, ao ser atingida a temperatura de congelamento e efetuar-se a passagem do estado líquido ao estado sólido, dá-se um aumento do valor do volume específico da água. O volume específico é definido como o inverso do peso específico, o que indica que nessa transformação de estado resulta a diminuição da densidade da água, fato este já considerado anteriormente. À pressão atmosférica normal, o congelamento da água se dá a 0°C. A temperaturas menores ter-se-á somente gelo. A neve na atmosfera forma-se normalmente a partir de um núcleo de água congelada, apreciavelmente abaixo do seu ponto de congelamento.

A física dos cristais de gelo e flocos de neve

A neve na atmosfera pode apresentar-se na forma de cristais e de flocos. Os cristais de gelo formam-se normalmente a partir de um núcleo de água congelada a temperaturas apreciavelmente abaixo de seu ponto de congelamento. Abaixo de -40 °C o vapor d'água pode solidificar-se sem a presença de núcleos iniciais. Os flocos de neve são agregados de cristais de gelo que se manifestam sob uma infinidade de variações de formas, originando-se principalmente em temperaturas próximas à do ponto de congelamento da água.

De longa data os cristais de gelo e os flocos de neve têm chamado atenção e despertado admiração. O livro de Jó (Capítulo 38, verso 22) aponta para a beleza da neve: "Acaso entraste nos depósitos da neve e viste os tesouros da saraiva?" (tradução de Almeida, revista e atualizada - Sociedade Bíblica do Brasil).

Numerosos escritores chineses antigos falaram do seu formato hexagonal. Olaus Magnus em 1611 desenhou os cristais de gelo em um livro publicado em Roma, em 1555. Na passagem do ano de 1611, Johannes Kepler, que logo se tornaria o famoso astrônomo conhecido em todo o mundo, ofertou ao seu protetor como presente de ano novo uma elegante e bem fundamentada discussão sobre porque os flocos de neve (ou mais exatamente, os cristais de gelo) têm seis cantos. Apesar de não ter conseguido uma explicação cabal para o fato, esteve bastante próximo da verdade, sendo por isso considerado por alguns como o "Pai da Cristalografia".

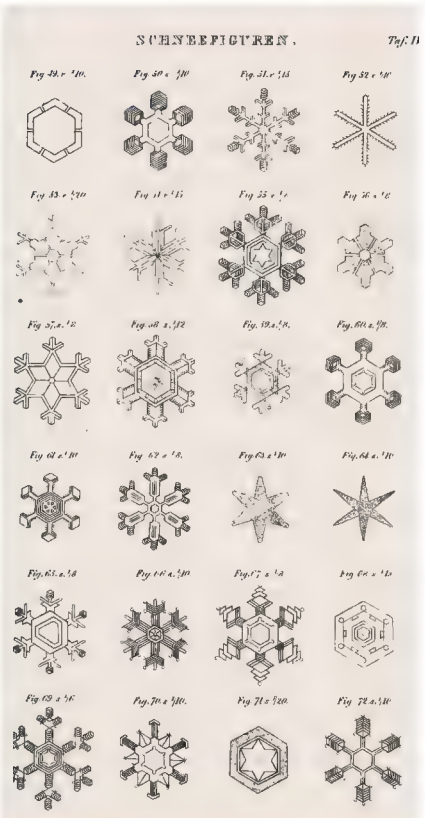


Figura 10-A - Classificação de flocos de neve feita por William Scoresby Jr.

A invenção do microscópio ampliou o conhecimento da estrutura da neve. O físico inglês Robert Hooke publicou em 1665 ilustrações de cristais de neve vistos através do microscópio. No início do século dezenove, William Scoresby Jr., explorador

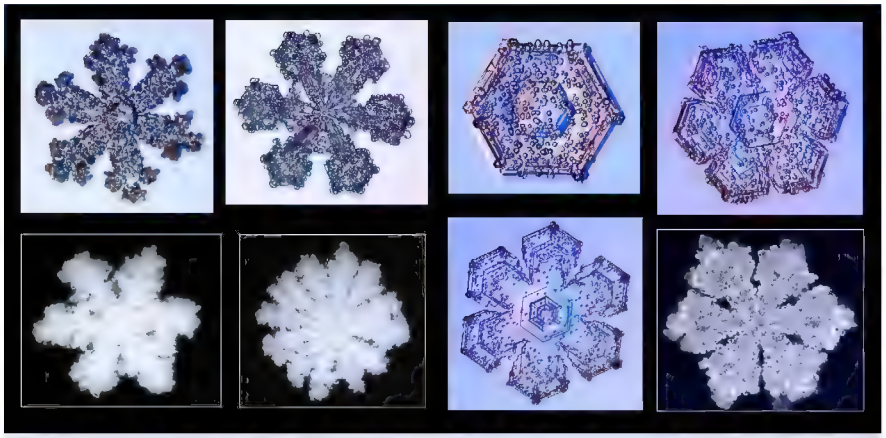


Figura 10-B - Algumas formas de cristais de gelo atmosféricos obedecendo o formato hexagonal básico.

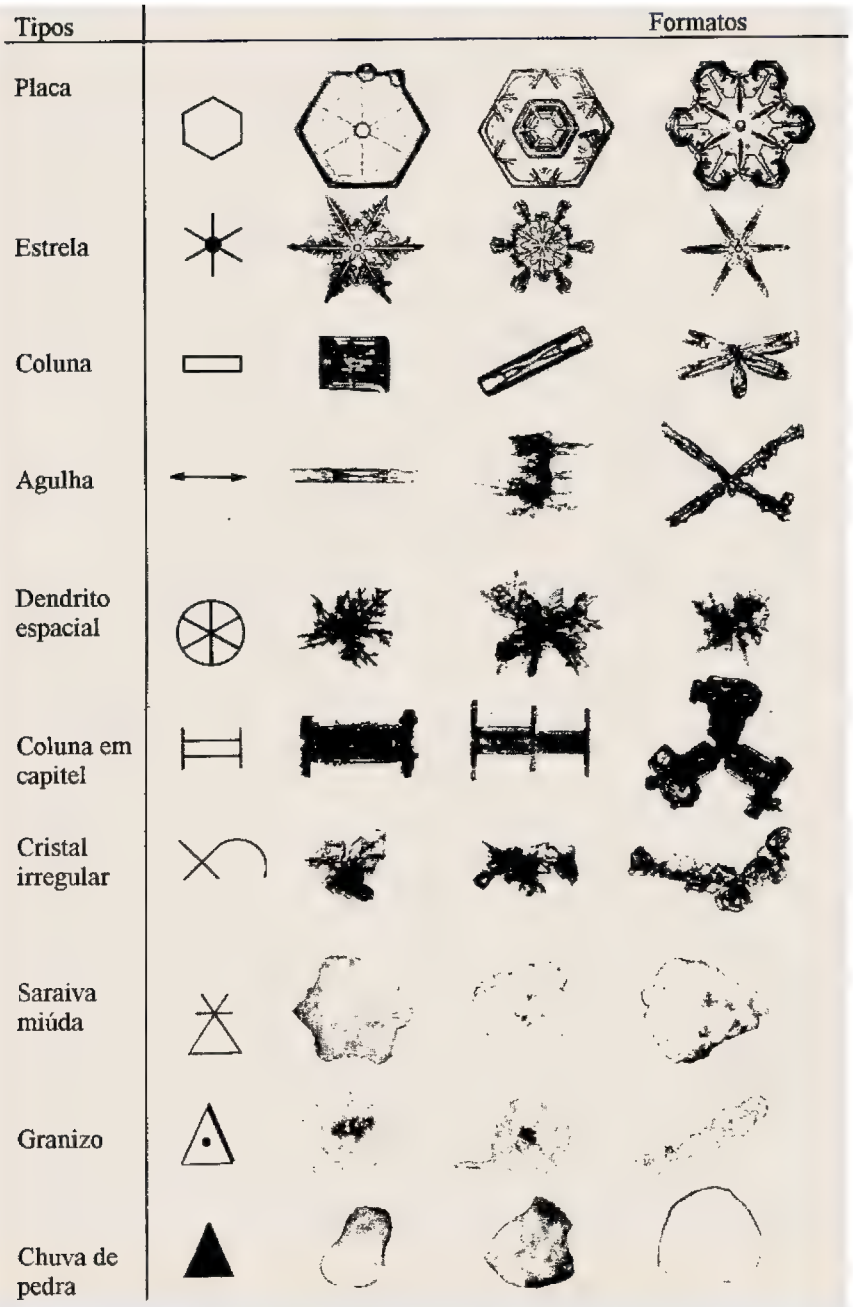


Figura 11 - Tipos de cristais de neve

(ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, Macropaedia, Vol. 16. Verbete Snow and Snowflakes, p. 911)

e caçador de baleias inglês que havia feito observações nas regiões árticas, organizou uma classificação dos cristais de neve que se tornou corrente durante quase um século. (Figura 10-A).

Os cristais de gelo geralmente apresentam configuração hexagonal, frequentemente adornada com belas filigranas. Ocasionalmente ocorrem também formas com três ou doze braços. O formato hexagonal dos cristais de gelo atmosféricos, independentemente de suas formas e dimensões variáveis, corresponde à manifestação externa de uma disposição interna na qual os átomos de Oxigênio formam uma rede com estrutura simétrica hexagonal. (Figura 10-B).

De conformidade com classificação internacional recentemente aceita, existem sete tipos de cristais de neve: Placas, estrelas, colunas, agulhas, dendritos espaciais, colunas com capitel, e cristais irregulares. Além deles, existem também três tipos de outras precipitações sólidas - saraiva miúda, granizo e chuva de pedra (Ver figura 11).

A fotomicrografia tornou possível a documentação de um número ilimitado de formas existentes. Uma rica coleção de fotos foi publicada em 1931 pelo fazendeiro americano W. A. Bentley. Mais recentemente, as condições para a formação de diferentes formas de cristais de neve foram estudadas experimentalmente (Figura 12).

Os cristais de gelo, dependendo da temperatura, podem crescer na forma de placas hexagonais ou de longas colunas hexagonais. Podem ser definidas para os cris-

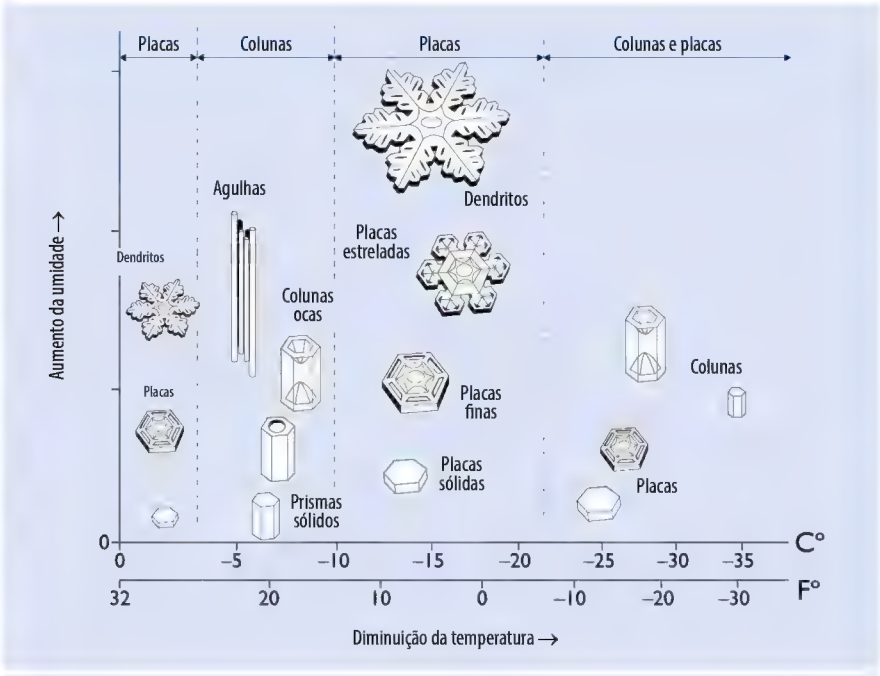


Figura 12 - Morfologia dos cristais de neve em função da temperatura de sua formação

tais de gelo duas faces distintas - a da base e a da superficie externa do prisma. A face da base é a superficie que tipicamente apresenta simetria hexagonal. Para algumas temperaturas, a face da base cresce mais rapidamente do que a face da superfície externa do prisma, resultando então cristais com a forma de longas colunas hexagonais ou de agulhas. Em outras temperaturas, ocorre o contrário, resultando finas placas hexagonais, estrelas de cristal com forma de folhas de samambaias, ou dendritos.

Haliet e Mason pesquisaram as razões pelas quais as faces da base e da superficie externa do prisma crescem com diferentes velocidades em função da temperatura. Descobriram eles que moléculas de vapor d'água são captadas sobre as faces, migrando sobre elas até sua posição final na malha cristalina. A velocidade com que as moléculas migram sobre as faces varia com a temperatura, e é diferente para a face da base e a face da superficie externa.

Para alguns intervalos de temperatura resulta uma migração no sentido da face da base para a superficie externa do prisma, ocasionando um hábito ou formato semelhante a placas. Para outros intervalos de temperatura a situação é invertida, resultando um fluxo de moléculas da face externa do prisma para as faces da base, com a formação de colunas ou agulhas.

Em temperaturas superiores a cerca de -40°C os cristais formam-se ao redor de núcleos de dimensões muito pequenas, que flutuam no ar (nucleação heterogênea). Os núcleos consistem predominantemente de silicatos de origem mineral terrestre, principalmente provenientes de argilas e micas. A contribuição da poeira meteórica ainda não se encontra definitivamente esclarecida. Em temperaturas inferiores a cerca de -40°C, o gelo pode formar-se diretamente a partir do vapor d'água (nucleação homogênea). A influência do vapor d'água atmosférico depende principalmente do grau de supersaturação com relação ao gelo.

O tamanho e a forma dos cristais de gelo dependem principalmente da temperatura de sua formação e da quantidade de vapor d'água disponível para a cristalização. Esses dois fatores não são independentes, pois a quantidade máxima de vapor d'água que pode ser dissolvida no ar diminui fortemente com a diminuição da temperatura. A pressão de vapor no equilíbrio de uma superficie plana de gelo puro é 50 vezes maior a -2°C do que a -42°C, limites esses de probabilidade de formação de neve no ar atmosférico. A tabela seguinte apresenta dados sobre a forma dos cristais e a temperatura de sua formação.

TEMPERATURA (°C)	FORMA
0 a -3	Placas finas hexagonais
-3 a -5	Agulhas
-5 a -8	Colunas prismáticas ocas
-8 a -12	Placas hexagonais
-12 a -16	Cristais dendríticos
-16 a -25	Placas hexagonais
-25 a -50	Prismas ocos

Se o ar contiver apreciável excesso de vapor d'água, as partículas de neve crescerão rápido e poderá haver tendência para a formação de dendritos. Com temperaturas baixas, o vapor d'água em excesso não será apreciável, e os cristais permanecerão pequenos. Nas camadas da atmosfera relativamente mais secas, as partículas de neve se formarão com formas mais

simples. Formas complicadas de cristais juntam-se entre si dando origem à formação de flocos de neve que chegam a contar com cerca de até cem cristais, atingindo o diâmetro de cerca de 25 mm. Este processo pode ser intensificado se os cristais estiverem com as temperaturas próximas à do ponto de congelamento da água e se o ar estiver úmido, possivelmente devido a colisões com gotículas de água resfriadas abaixo do ponto de congelamento.

Se um cristal penetrar em uma nuvem que contenha grande número dessas gotículas, ele varrerá algumas delas. Ao entrarem em contato com o gelo, elas se congelarão e formarão uma cobertura de gelo em torno do cristal. Partículas assim formadas são chamadas de "saraiva miúda". O "granizo" poderá consistir ou de gotas de chuva congeladas, ou de flocos de neve derretidos e novamente congelados. A "chuva de pedra" consiste de esferas de gelo formadas com camadas concêntricas sucessivas.

Partículas de neve constituem as nuvens do tipo cirros, como os cirros propriamente ditos, os estratocirros, os cirrocúmulos, e muitas outras nuvens do tipo alto. Nuvens de gelo e neve originam-se normalmente só a temperaturas de alguns graus abaixo do ponto de congelamento; elas são predominantes a -20°C. Nas regiões tropicais dificilmente elas ocorrem abaixo de 4,5 km de altitude.

Em regiões montanhosas, e particularmente nas regiões polares, elas podem ocorrer nas proximidades da superfície do solo, aparecendo na forma de neblina de gelo. Se o ar frio junto ao solo for recoberto por uma camada de ar mais quente, como ocorre com frequência nas regiões polares, especialmente no inverno, a mistura na fronteira das duas camadas provoca a supersaturação do ar frio. Pequenas colunas e agulhas de gelo formam-se então, e sedimentam-se lentamente, com grande resplendor, mesmo tendo ao fundo um céu inteiramente sem nuvens. Nas partes mais frias da Antártida, com temperaturas na superfície abaixo de -50°C em média, e raramente superiores a -30°C, constitui ocorrência comum a formação dessas nuvens iridescentes, também chamadas de "poeira de diamante".

Figura 13 – Fenômenos ópticos relacionados com flutuação de cristais de gelo na atmosfera

A flutuação e a precipitação de cristais de gelo produzem numerosos fenômenos óticos relacionados com a luz do Sol e da Lua, como halos, arcos, círculos, duplicação da imagem do Sol, algumas coroas, e nuvens iridescentes (Figura 13). A maior parte desses fenômenos ópticos pode ser explicada mediante as formas dos cristais e sua posição com relação à fonte de luz.

CRISTAIS DE NEVE

Em complementação a este artigo, ver a notícia que está na página 49 deste número da Folha Criacionista, com o título: "Os Cristais de Neve - Evolução ou Criação?".

PLANEJAMENTO E ACASO

Os fenômenos que ocorrem no mundo físico envolvem grandezas de distintas naturezas (geométrica, cinemática, dinâmica, térmica, elétrica, magnética, etc.), as quais se inter-relacionam de conformidade com certos padrões de comportamento geralmente denominados "leis" ou "princípios gerais". A busca desses padrões constitui um dos objetivos da Ciência, tal qual ela hoje se estrutura.

Ruy Carlos de Camargo Vieira

Presidente da SCB

PLANEJAMENTO FÍSICO DOS SERES VIVOS

CONDICIONANTES VISUALIZADAS ATRAVÉS DA TEORIA DA SEMELHANÇA FÍSICA

Generalidades

Para atingir seu objetivo de busca de padrões inerentes aos fenômenos físicos observados na natureza, a Ciência tem procurado estabelecer critérios generalizantes capazes de descrever, explicar e prever a ocorrência de fenômenos no mundo físico envolvendo grandezas distintas, no âmbito dos seus respectivos comportamentos. Um desses critérios generalizantes é a "Teoria da Semelhança Física", que introduz importantes conceitos que simplificam sobremaneira a compreensão dos padrões básicos de comportamento envolvendo conjuntos de grandezas distintas intervenientes nos fenômenos físicos.

Serão feitas, a seguir, algumas considerações sobre o conceito de semelhança e a sua aplicação a alguns casos de interesse dentro do escopo deste artigo - desvendar algumas limitações intrínsecas existentes no planejamento dos seres vivos que se inserem no mundo físico que nos rodeia.

Semelhança Geométrica

Um objeto qualquer caracteriza-se geometricamente pela sua forma e pela sua dimensão. Objetos de igual forma podem ter dimensões distintas, guardando entre si semelhança dentro de uma certa "relação de escala".

Há formas bastante simples como por exemplo a da esfera, a do cubo, a do cilindro, e de prismas retos com seções transversais poligonais. Há também formas mais complexas que podem ser descritas por expressões matemáticas ou por algoritmos numéricos, existindo mesmo sofisticados programas de computação para a sua representação

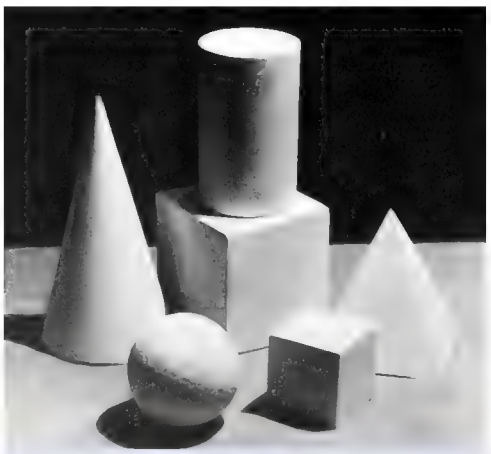


Figura 1
Formas geométricas relativamente simples

tridimensional nos processos de "CAD/CAM" (*Computer Aided Design* e *Computer Aided Machining*) que têm a ver com o projeto e a fabricação de componentes mecânicas.

A semelhança geométrica de objetos com uma mesma forma simples pode facilmente caracterizar-se através de uma relação de escala geométrica linear.

Duas esferas, por exemplo, de raios $\mathbf{R_1}$ e $\mathbf{R_2}$, obviamente serão semelhantes e manterão entre si a escala geométrica linear $\rho = R_1 / R_2$.

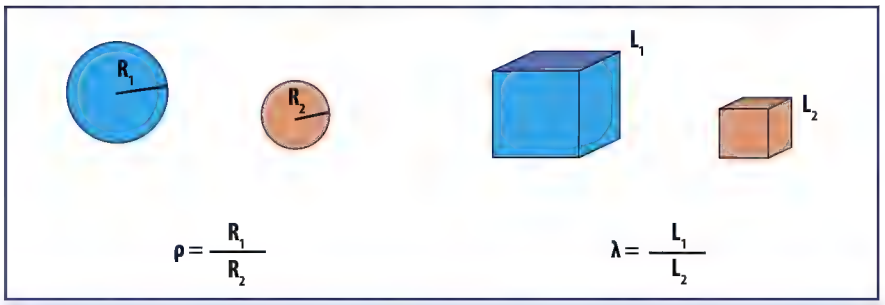


Figura 2 - Relações de escala geométrica linear em corpos de mesma forma simples

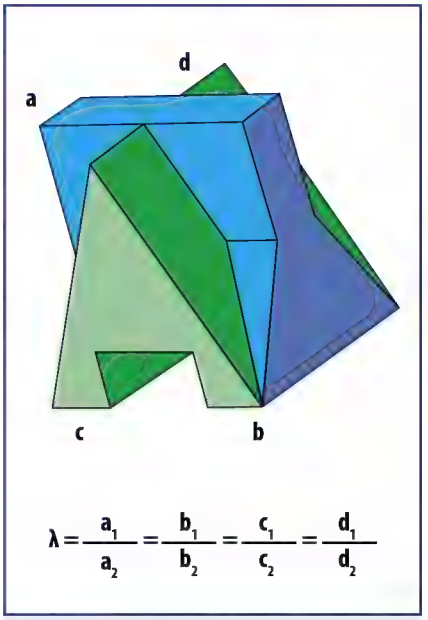


Figura 3 - Relações de escala geométrica linear em um corpo de forma complexa

Dois cubos, por exemplo, de arestas $\mathbf{L_1}$ e $\mathbf{L_2}$ serão também obviamente semelhantes e manterão entre si a escala geométrica linear $\lambda = L_1 / L_2$.

Objetos de forma mais complexa, para serem semelhantes, deverão manter entre quaisquer dimensões homólogas suas, a mesma escala geométrica linear, como exemplificado no caso das duas estruturas integradas mostradas na Figura 3. A semelhança de objetos de forma complexa pode ser caracterizada por uma dimensão homóloga qualquer escolhida como característica para descrevê-los (por exemplo, uma qualquer das dimensões lineares a, b, c, ou d no caso da Figura 3).

Além da escala geométrica linear, que caracteriza quantitativamente a semelhança geométrica entre dois objetos de mesma forma, devem ser consideradas também as relações de escala geométrica superficial e volumétrica.

No caso de duas esferas, por exemplo, de raios $\mathbf{R_1}$ e $\mathbf{R_2}$ as áreas de suas superfícies serão respectivamente

$$S_1 = 4\pi R_1^2$$

e

$$S_2 = 4\pi R_2^2$$

de tal forma que a escala geométrica superficial será

$$\sigma = S_1 / S_2 = (R_1 / R_2)^2 = \rho^2$$

Da mesma forma, no caso de dois cubos, por exemplo, de arestas $\mathbf{L_1}$, e $\mathbf{L_2}$ as áreas de suas superfícies serão respectivamente

$$S_1 = 6\, L_1^2$$

e

$$S_2 = 6\, L_2^2$$

resultando a escala geométrica superficial

$$\sigma = S_1 / S_2 = (L_1 / L_2)^2 = \lambda^2$$

A escala geométrica volumétrica seria, para o caso das esferas

$$\nu = V_1 / V_2 = [(4/3)\pi R_1^3] / [(4/3)\pi R_2^3] = (R_1 / R_2)^3 = \rho^3$$

e para o caso dos cubos

$$\nu = V_1 / V_2 = (L_1 / L_2)^3 = \lambda^3$$

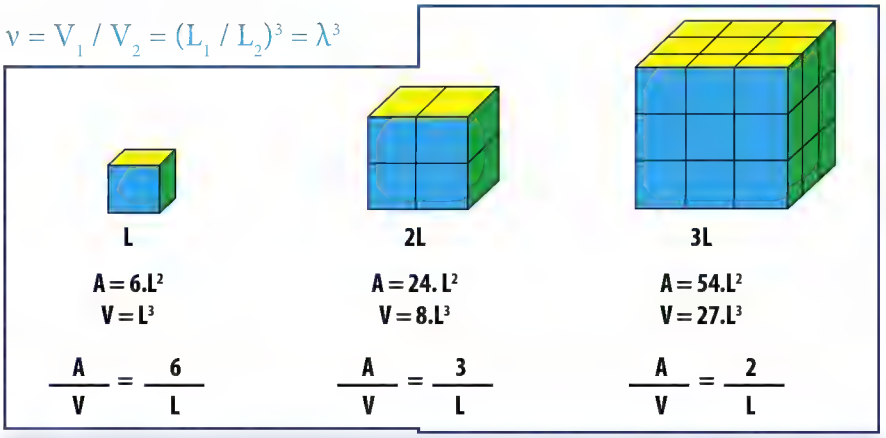


Figura 4 - Relação área/volume em função do aumento da dimensão linear L. Exemplificando com L=6, resultam os valores A/V=1, A/V=1/2 e A/V=1/3 para os três casos respectivos

É interessante observar que a relação entre as áreas e os volumes dos objetos considerados varia de conformidade com o inverso da sua escala geométrica linear $(\lambda^2/\lambda^3) = 1/\lambda$. Isso significa que, para uma dada forma do objeto, quanto maior for a sua dimensão linear, menor será a sua área em comparação com o seu volume. Essa conclusão vale para qualquer forma do objeto, desde as mais simples às mais complexas. Na Figura 4 exemplifica-se essa ocorrência no caso de um cubo.

Algumas consequências da semelhança geométrica nos seres vivos

Metabolismo básico

A conclusão ressaltada no item anterior é extremamente importante para evidenciar algumas condicionantes no planejamento dos seres vivos. De fato, a relação entre a área e o volume de um corpo tem a ver com uma série de fenômenos físicos como, por exemplo, transferência de calor, trocas gasosas e difusão, que ocorrem nos seres vivos. As considerações feitas anteriormente indicam que esses fenômenos passam a ocorrer de forma proporcionalmente mais acelerada em organismos de pequena dimensão, devido ao maior valor da área de intercâmbio com relação ao seu volume.

Considerando-se, assim, os seres vivos, verifica-se que nos animais de sangue quente (homeotermos) de pequenas dimensões, sendo grande a relação entre a sua área externa e seu volume, haverá necessidade de consumo de maiores quantidades de alimento com relação ao seu peso. É o que acontece com os roedores de pequeno porte (camundongos, ratos, cobaias e coelhos), para proporcionar a geração do calor necessário à manutenção de sua temperatura constante. Essa necessidade, por outro lado, não se faz sentir da mesma forma nos animais de sangue frio (pecilotermos), que podem então não somente sobreviver com um consumo de alimento proporcionalmente muito menor em comparação com os homeotermos de mesmo porte, mas também podem atingir dimensões muito maiores. É o que se tornou evidente no caso dos enormes dinossauros, hoje extintos.

A quantidade de calor produzida no interior do corpo, a partir do alimento ingerido, além de possibilitar a manutenção da temperatura constante, constitui a fonte de energia que faz pulsar o coração para impulsionar a corrente sanguínea, que movimenta os pulmões para proporcionar a atividade respiratória, e que aciona os movimentos peristálticos do tubo intestinal para provocar a expulsão dos resíduos alimentares, tudo isto mesmo estando o animal em repouso. Quando o animal estiver em atividade, será necessária parcela adicional de energia para a execução de trabalho muscular.

O metabolismo básico ou basal, ou seja, a potência térmica gerada em condições de repouso, é medido através do consumo de Oxigênio por unidade de tempo. Estudos do metabolismo básico de animais homeotermos levaram à conclusão de que a quantidade de calor por unidade de tempo transmitida através da sua superfície para o ambiente pode ser dada pela expressão

$$P_{met} = 3{,}5\ M_b^{3/4}$$

sendo P_{met} a potência térmica em watts, em condições de repouso, e M_b a massa em kg do animal considerado. Esta ex-

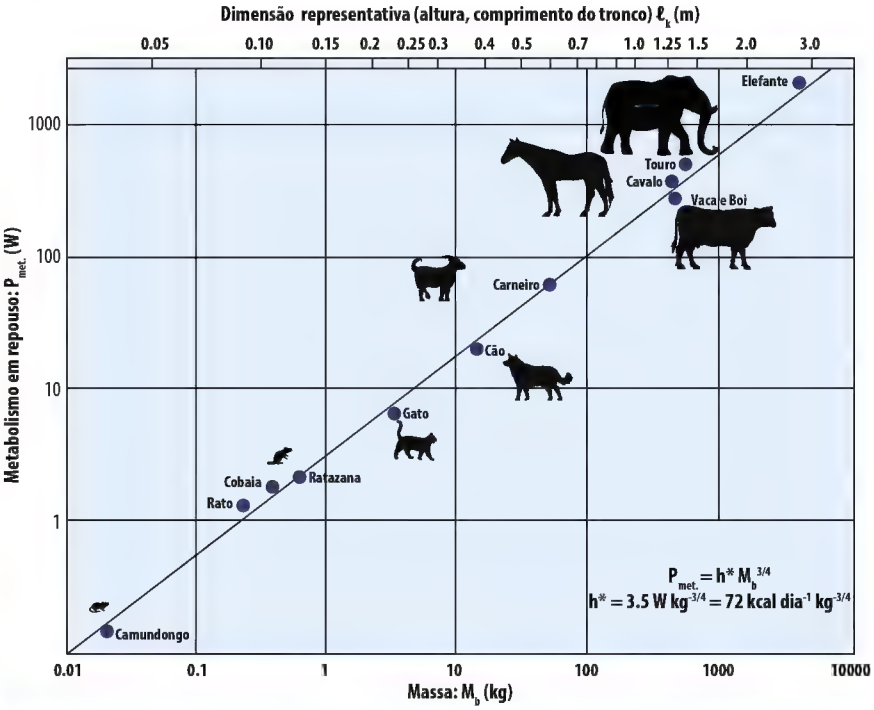


Figura 5 - Metabolismo em repouso de mamíferos quadrúpedes

pressão empírica é válida com bastante aproximação para mamíferos quadrúpedes terrestres, com massa variando de cerca de 20 g a mais de 4.000 kg, como pode ser visto na Figura 5 [SCHMIDT-NIELSEN. Scaling - *Why is animal size so important?* Cambridge, 1984, *apud* CARNEIRO, Fernando Lobo. "Análise Dimensional e Teoria da Semelhança e dos Modelos Físicos", pp. 230-231. Editora UFRJ. 1993. Rio de Janeiro.].

Os mamíferos quadrúpedes terrestres constituem um grupo de animais que, embora não mantendo entre si estrita semelhança geométrica, apresentam características tais que os tornam bastante assemelhados. Tal fato permite o estabelecimento de critérios generalizantes como o expresso, por exemplo, no gráfico da Figura 5, a menos de erros sistemáticos que corresponderão à introdução de "efeitos de escala" e "distorções" decorrentes de não se verificar, no caso, estrita semelhança geométrica entre as formas dos vários animais considerados.

Seria extremamente difícil estabelecer critérios generalizantes análogos para os animais de sangue frio abrangendo portes distintos, desde o de uma salamandra até uma iguana ou um crocodilo, e eventualmente até os diversos tipos de dinossauros extintos, apesar da existência de características geométricas que os tornam também bastante assemelhados entre si.

É interessante observar que, no caso dos quadrúpedes terrestres, podem ser obtidas também relações quantitativas que ilustram o efeito da variação da relação entre a área e o volume do animal em função do seu porte. Por exemplo, comparando-se o elefante com o camundongo, verifica-se que, embora a massa do elefante seja cerca de 200.000 vezes maior do que a do camundongo, o seu metabolismo em repouso é apenas cerca de 10.000 vezes maior, Se não houvesse essa desproporção entre o aumento do porte e o aumento da potência térmica correspondente ao metabolismo básico, os grandes animais apresentariam incrível voracidade e enfrentariam enormes problemas para sua subsistência (um elefante ingere diariamente entre 250 e 350 kg de alimento!)

Acaba sendo inviável, portanto, a manutenção de um animal homeotermo além de certo porte, como aliás se evidencia na prática - não existem animais de porte maior do que o elefante. Apenas a título de ilustração, a potência térmica transmitida através da superfície externa de um elefante para o meio ambiente, em condições de repouso, equivale à irradiada por uma lâmpada de mais de 1000 watts!

Longevidade

Outra interessante conclusão que pode ser tirada do efeito da variação da relação entre área e volume dos animais em função de seu tamanho tem a ver com o seu ritmo cardíaco e com a sua longevidade, que por sua vez evidentemente também têm a ver com a questão do metabolismo básico.

De fato,

Difusão e trocas gasosas, fenômenos quase instantâneos para organismos unicelulares, vão reduzindo sua velocidade com o aumento de tamanho do animal, em função da relação entre sua área externa e seu volume.

Essa redução dos processos de transferência de massa e energia em grandes criaturas reflete-se no metabolismo e consequentemente na longevidade. Generalizando, pode-se dizer que, quanto maior o animal, menor é a quantidade de movimentos respiratórios e batimentos cardíacos por unidade de tempo e maior o tempo de vida. Pequenos animais vivem intensamente, mas têm vida curta. Gerações de bactérias, insetos e mamíferos podem ser medidas respectivamente em minutos, semanas e anos.

[TONHASCA JR., ATHAYDE. "Tamanho, a chave do sucesso". *Ciência Hoje*. Vol. 13, n.73, p. 65. Junho de 1991].

Como já foi visto que o metabolismo basal dos mamíferos quadrúpedes é sensivelmente proporcional á massa do animal elevada à potência $^3/_4$, admitindo-se que os volumes do coração e do sangue sejam proporcionais à massa, resultará que a frequência dos batimentos cardíacos deverá ser proporcionalmente maior nos animais de menor porte, provocando assim maior rapidez do fluxo sanguíneo.

De fato, a observação leva à seguinte expressão para a frequência cardíaca $\mathbf{f_c}$ em função da massa $\mathbf{M_b}$ do animal

$$f_c = 241\ M_b^{3/4}$$

com $\mathbf{f_c}$ em batidas por minuto e $\mathbf{M_b}$ em kg [SCHMIDT-NIELSEN. *op. cit.*, *apud* CARNEIRO, Fernando Lobo, op. cit. p. 235.].

Assim, por exemplo, para o camundongo, com M_b = 20g ter-se-á f_c = 600 batidas/min e para o elefante, com M = 4000 kg ter-se-á f_c = 30 batidas/min. O coração de um camundongo completará, então 900 milhões de batidas em sua vida de cerca de 3 anos, enquanto que o coração do elefante também completará esse mesmo número de batidas no decorrer de sua vida, que é cerca de 20 vezes mais longa do que a do camundongo.

A longevidade dos mamíferos deve ser, portanto, sensivelmente proporcional ao inverso da frequência de seus batimentos cardíacos, levando a uma expressão do tipo

$$T_{vida} = C_{vida}\, M_b^{3/4}$$

onde $\mathbf{T_{vida}}$ indica a longevidade em anos, $\mathbf{M_b}$ a massa em kg e $\mathbf{C_{vida}}$ um coeficiente que, a partir de dados empíricos, em primeira aproximação pode ser suposto igual a 7 anos.$kg^{-1/4}$ (*).

Se ao invés da massa M_b fosse considerada uma dimensão linear que caracterizasse o tamanho do animal, como por exemplo o comprimento de seu tronco £k e supondo que £k fosse proporcional a $M_b^{0,35(**)}$, a expressão anterior assumiria a forma

$$T_{vida} = 27{,}6\, \ell_k^{0,7}$$

com a longevidade $\mathbf{T_{vida}}$ em anos e a dimensão característica $\boldsymbol{\ell_k}$ em metros [SCHMIDT-NIELSEN *op. cit.*, *apud* CARNEIRO, Fernando Lobo, *op. cit*, pp. 235 e 236.].

A partir desta expressão podem ser obtidos os valores aproximados indicados na Tabela seguinte para a longevidade de vários mamíferos, em razoável concordância com os dados empíricos existentes.

TABELA - Comparação entre o valor calculado para a longevidade de alguns mamíferos quadrúpedes e os valores empíricos disponíveis na literatura

ANIMAIS	LONGEVIDADE (ANOS)	ANIMAIS	LONGEVIDADE (ANOS)
REFERÊNCIA (1)		REFERÊNCIA (2)	
Camundongo	3	*Mus musculus*	3
Rato	5	-----	-----
Cobaia	6	-----	-----
Ratazana	7	-----	-----
Gato	10	*Felis catus*	21
Cão	14	*Canis Familiares*	34
Carneiro	18	*Capra hircus*	18
-----	-----	*Panthera leo*	29
Boi	31	*Bos taurus*	30
Cavalo	36	*Equus caballus*	62
Elefante	55	*Elephas maximus*	57

(1) SCHMIDT-NIELSEN. *op. cit, apud* CARNEIRO, Fernando Lobo, *op. cit.* pp. 237
(2) ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, Macropaedia, vol. 10, verbete *Life-span*. (Dados empíricos).

Poder-se-ia esperar que mamutes, mastodontes e dinotérios, hoje extintos, apresentassem longevidade superior à do elefante. Supondo-se, para efeito de cálculo, que a sua dimensão linear característica fosse igual a 1,5 vezes à dos elefantes, resultaria para eles o termo de vida da ordem de 75 anos, considerando-se evidentemente que existissem condições ambientais idênticas para ambos os casos.

Limitação do tamanho em função da resistência estrutural

Os seres vivos apresentam-se sob várias formas básicas, de maneira extremamente diversificada. A partir de meados do século XVIII, os esforços de Lineu para classificar e denominar as várias espécies de plantas e animais foram sendo complementados até darem origem aos modernos campos da Sistemática e da Taxonomia.

Não obstante, não existe ainda hoje uma contagem oficial das várias espécies biológicas, de tal forma que é praticamente impossível afirmar-se qual seja o total das espécies existentes no planeta.

Julga-se que os taxonomistas tenham identificado cerca de 1,5 a 1,8 milhões de espécies, total este bem inferior ao que tem sido usualmente estimado como existente, e que poderia atingir a enorme cifra de cerca de 6 a 7 milhões de espécies.

Recente publicação da UNESCO, tratando do problema da biodiversidade, apresentou o quadro reproduzido abaixo com a estimativa do número de espécies identificadas existentes no planeta, destacando o número correspondente de espécies raras ou em vias de extinção.

QUADRO - Estimativa do número de espécies identificadas existentes e o número correspondente de espécies raras ou em vias de extinção
(UNESCO – "Biodiversity", *All of US*. nº 1, setembro 1993, p. 3.

GRUPOS DE ESPÉCIES	NÚMERO DE ESPÉCIES IDENTICIFICADAS	NÚMERO DE ESPÉCIES RARAS OU EM VIAS DE EXTINÇÃO
Mamíferos, répiteis e anfíbios	14.484	728 (5%)
Aves	9.040	683 (8%)
Peixes	19.056	472 (3%)
Insetos	751.000	895 (<1%)
Outros (invertebrados e microorganismos)	276.594	530 (<1%)
TOTAL	**1.070.174**	**3.308 (0,3%)**

Na Figura 6 é apresentada a distribuição do número de espécies identificadas, ilustrada de forma gráfica, em função dos grupos de espécies. Pode-se observar que a proporção dos mamíferos é imensamente menor do que a proporção dos insetos.

Pode-se inferir que o número de espécies, a grosso modo, é inversamente proporcional ao seu tamanho característico. Existem

Figura 6 - Número relativo de espécies identificadas, indicado mediante o tamanho proporcional dos vários grupos de espécies
(UNESCO - *All of Us*. nº 1, setembro 1993, p. 3.)

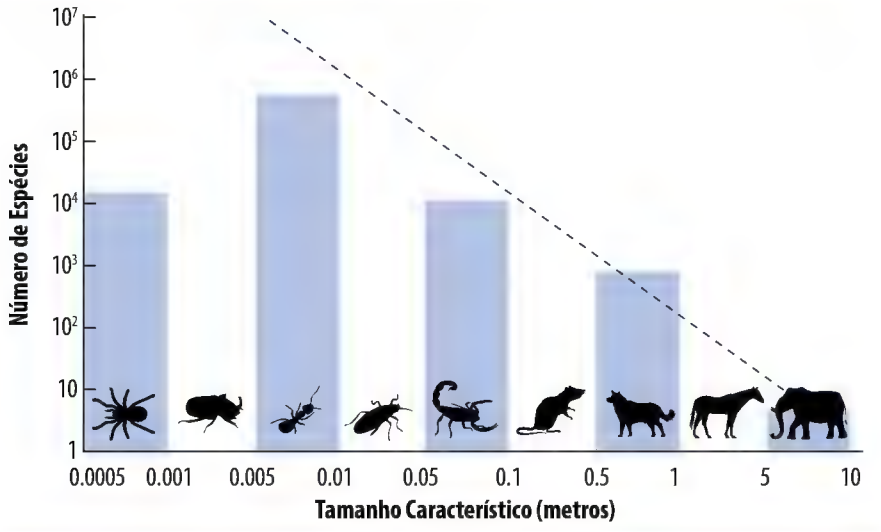


Figura 7 - Gráfico ilustrativo da variação do número de espécies de animais de habitat terrestre em função de seu tamanho
(MAY, Robert M. "How many species inhabit the Earth?", *Scientific American*. Outubro 1992. p. 24)

poucas espécies de animais de maior porte, e muitas espécies de animais de menor porte.

De fato, nesse sentido alguns estudos foram feitos com relação a animais com habitat terrestre, tentando estimar o número de espécies existentes em função do seu tamanho.

Nesses estudos, os animais foram distribuidos por categorias, em função do seu porte, variando em intervalos de 5.10^n a 10.10^n metros (com $-4<n<0$) e de 1.10^n a 5.10^{n+1} metros (com $-4<n<1$), conforme indicado na Figura 7. Concluiu-se então que para cada categoria correspondente a uma dimensão linear 10 vezes menor, o respectivo número de espécies aumenta 100 vezes. Esse comportamento vale para animais com dimensões lineares desde alguns metros até cerca de um centímetro. Para dimensões inferiores a 1 centímetro esse comportamento não mais é observado provavelmente em função do registro extremamente incompleto das espécies correspondentes.

Se esse comportamento se mantivesse até a dimensão da ordem de 1 milímetro, limite divisório arbitrário entre a vida microscópica e a macroscópica, chegar-se-ia ao cômputo de um total de cerca de 10 milhões de espécies de animais de habitat terrestre.

A grosso modo, a Figura 7 nos induz a considerar três categorias principais de animais de habitat terrestre - os de pequeno porte (como os artrópodes, insetos, protozoários, etc.) os de médio porte (como crustáceos, vermes, pequenos répteis, anfíbios e

mamíferos), e os de grande porte (como os maiores répteis, anfíbios e mamíferos). Os limites entre estas três categorias poderiam ser fixados arbitrariamente respectivamente por dimensões lineares da ordem dos centímetros, e dos decímetros.

À medida que as dimensões lineares crescem, começam a surgir problemas estruturais mais complexos para a manutenção da integridade física do animal, não só em termos de sua estabilidade e resistência mecânica em condições de repouso, como também em termos cinemáticos e dinâmicos durante sua movimentação.

A categoria de animais de grande porte inclui particularmente os vertebrados, cuja estrutura óssea possibilita a sustentação de toda a sua massa muscular. É curioso observar, fazendo referência à Figura 7, que o elefante é ali apresentado como o animal terrestre de maior porte existente, cabendo portanto a interrogação acerca da exequibilidade mecânica de existência de outros animais de maior porte ainda.

Galileu preocupou-se com esse assunto ao estudar as condições de resistência de colunas e vigas geometricamente semelhantes, tendo em vista a compreensão do desempenho de estruturas navais de portes distintos, no Arsenal de Veneza. [CARNEIRO, Fernando Lobo. "Galileu e os efeitos do tamanho". *Ciência Hoje*. vol. 9, n. 50, p. 35.].

"Em sua teoria da resistência à ruptura dos corpos sólidos, Galileu demonstra que ... ao se aumentarem as dimensões de um corpo, conservando a semelhança geométrica, o peso próprio aumenta em proporção maior que a capacidade de resistir a cargas adicionais, pois o peso próprio varia com o cubo da escala geométrica, enquanto a capacidade de resistir aumenta com o seu quadrado. ...Em sua linguagem, Galileu afirma na Proposição VI da *Giornata seconda* que os esforços nas secções transversais de ruptura, resultantes do próprio peso, e as resistências dessas secções, estão entre si numa proporção sesquiáltera (potência 3/2)." [CARNEIRO, Fernando Lobo, *op. cit.* pp. 35 e 36.].

Como o peso varia linearmente com o volume, fica claro que, mantido o mesmo material, o peso deverá variar em função da escala geométrica volumétrica, ou seja, com o cubo da escala geométrica linear. Como a resistência do material depende das tensões, fica claro que, para uma mesma solicitação, a resistência aumenta com o aumento da escala geométrica superficial, ou seja, com o quadrado da escala geométrica linear.

Comentando de maneira mais aprofundada o assunto, Galileu considerou então a questão do limite superior para o tamanho dos animais de grande porte:

"Vejamos agora como, do que foi até aqui demonstrado, se infere claramente a impossibilidade, não somente na arte, mas também na natureza, de aumentar seus mecanismos até dimensões enormes, de modo que seria impossível construir navios, palácios, ou templos imensos, cujos remos, mastros, vigas e correntes de ferro e, numa palavra, todas as suas outras partes constituissem um todo. Da mesma forma, a natureza não poderia fazer árvores de tamanho colossal, porque seus ramos arqueados pelo próprio peso, acabariam por quebrar-se. Igualmente, seria impossível construir estruturas ósseas para os homens, cavalos ou outros animais que pudessem subsistir e desempenhar suas próprias funções, pois, para que tais animais tivessem alturas imensas, deveria ser utilizado um material mais duro e resistente que o habitual, para que não se deformassem os ossos tão desproporcionadamente que a figura e o aspecto do animal parecessem monstruosos Para ilustrar brevemente o que digo, desenhemos a figura de um osso, cujo comprimento foi aumentado apenas três vezes e cuja espessura foi aumentada em tal proporção que pudesse realizar num grande animal a mesma função que corresponderia a um osso menor de um animal também menor. Eis as figuras nas quais podeis ver como o osso aumentado adquire uma forma desproporcionada. (Ver Figura 8)

Disto é evidente que, quem quisesse manter, num imenso gigante, as proporções que têm os membros de um homem comum, deveria ou encontrar uma matéria bem mais dura e resistente para formar-lhe os ossos, ou admitir que sua robusteza é proporcionalmente muito mais fraca que nos homens de estatura pequena; pois, diversamente, aumentando desmesuradamente sua altura, o veríamos, sobrecar-

regado pelo próprio peso, cair. Ao contrário, pode-se constatar que, ao diminuir os corpos, não se diminuem as forças na mesma proporção, mas, antes, que os mais pequenos tornam-se proporcionalmente mais resistentes, Assim, acredito que um pequeno cão seria capaz de carregar dois ou três cães iguais a ele, mas não penso que um cavalo fosse capaz de carregar nem mesmo outro cavalo igual".

[GALILEI, Galileu. "Duas Novas Ciências". pp. 104-105. Instituto Italiano de Cultura. CHED Editorial/Nova Stella Editorial, S. Paulo s/d.].

Na ilustração da Figura 8, Galileu apresenta "a figura de um osso cujo comprimento foi aumentado apenas três vezes e cuja espessura foi alimentada em tal proporção (nove vezes) que pudesse realizar num grande animal a mesma função que corresponderia a um osso menor de um animal também menor". Se fosse mantida integralmente a semelhança geométrica, a "robustez" do animal gigante - isto é, sua capacidade de suportar cargas adicionais, além de seu próprio peso - seria proporcionalmente muito menor do que a dos pequenos animais, a não ser que se encontrasse "uma matéria bem mais dura e resistente para formar-lhe os ossos" ou que "se diminuisse proporcionalmente o peso (específico) da matéria dos mesmos ossos e o peso (específico) de tudo o que se apóia sobre os ossos". [CARNEIRO, Fernando Lobo, *op. cit.* p. 226.].

DEL GALILEO. 129

E per vn breue eſempio di queſto che dico diſegnai già la figura di vn' oſſo allungato ſolamente tre volte, & ingroſſato con tal proportione, che poteſſe nel ſuo animale grande far l'uffizio proporzionato à quel dell' oſſo minore nell' animal più piccolo, e le figure ſon queſte: doue vedete ſproporzionata figura, che diuiene quella dell' oſſo ingrandito. Dal che è manifeſto, che chi voleſſe mantener in vn vaſtiſſimo Gigante le proporzioni, che hanno le membra in vn huomo ordinario, biſognerebbe ò trouar materia molto più dura, e reſiſtente per formarne l'oſſa, ò vero ammettere, che la robuſtezza ſua fuſſe à proporzione aſſai più fiacca, che ne gli huomini di ſtatura mediocre; altrimente creſcendogli à ſmiſurata altezza ſi vedrebbono dal proprio peſo opprimere, e cadere. Doue che all' incontro ſi vede nel diminuire i corpi non ſi diminuir con la medeſima proporzione le forze, anzi ne i minori creſcer la gagliardia con proporzion maggiore. Onde io credo che vn piccolo cane porterebbe addoſſo due, ò trè cani eguali à ſe, mà non penſo già che vn cauallo portaſſe ne anco vn ſolo cauallo à ſe ſteſſo eguale.

Simp. *Mà ſe così è, grand' occaſione mi danno da dubitare le moli immenſe, che vediamo ne i peſci, che tal Balena, per quanto intendo, ſarà grande per dieci Elefanti, e pur ſi ſoſtengono.*

Salu. *Il voſtro dubbio S. Sim. mi fà accorgere d'una condizio-*

Figura 8 - A fraqueza relativa dos gigantes

Na respeito dos gigantes, cujas proporções despertaram a atenção de Galileu, deve-se lembrar que no relato bíblico encontram-se menções a seres humanos de grande estatura. No livro de Gênesis, capítulo 6, versículo 4, ao descrever as condições que antecederam o Dilúvio é dito que "naquele tempo havia gigantes na terra; e também depois... estes foram valentes, varões de renome (outras traduções dizem "heróis"), na antiguidade."

Bem depois do Dilúvio, quando os doze espias foram enviados por Moisés para observar a terra de Canaã, alguns deles trouxeram a notícia de que habitavam a terra "homens de grande estatura" (Números 13:32) e "também vimos ali gigantes (os filhos de Enaque são descendentes dos gigantes), e éramos aos nossos próprios olhos como gafanhotos, e assim também o éramos aos seus olhos" (Números 13:33; cf, Deuteronômio 1:28 e 2:10, 11 e 21).

Na exortação de Moisés ao povo de Israel pouco antes de atravessarem o Jordão, foi-lhes dito que venceriam o "povo grande e alto, filhos dos ena-

quins" (Deuteronômio 9:2) que habitavam "cidades grandes e amuralhadas até aos céus" (Deuteronômio 9:1).

Após a travessia do Jordão Josué eliminou os enaquins, e destruiu totalmente as suas cidades (Josué 11:21), tendo sobrevivido somente alguns dos filhos de Enaque em Gaza, Gate e Asdode (Josué 11:22). Calebe, tendo recebido a posse de Hebron, dali expulsou os três filhos de Enaque que ainda lá viviam (Josué 15:14, cf 21:11 e Juizes 1:20).

Os enaquins que sobreviveram em Gate tiveram descendentes que se defrontaram com os israelitas nos tempos de Davi (II Samuel 21:15-22, cf. 1 Crônicas 20:4-8) e foram então destruidos. A passagem do Primeiro Livro de Crônicas faz menção ao gigante Lami, irmão de Golias, sendo este último talvez o mais famoso dos gigantes citados na Bíblia, cuja estatura atingia "seis côvados e um palmo" (1 Samuel 17:4), aproximadamente 2,10 metros conforme a tradução da "Bíblia na Linguagem de Hoje", ou 2,92 m se for atribuído ao côvado o valor de 45 cm (Bíblia de Jerusalém), ou ainda 3,30 m conforme outros comentaristas (por exemplo o Comentário Bíblico Adventista do Sétimo Dia).

A imprensa às vezes registra descobertas arqueológicas que comprovam a existência de seres humanos de grande estatura no passado. Em 31 de outubro de 1953 o matutino paulista "O Estado de São Paulo", por exemplo, anunciou a descoberta de "dois esqueletos de guerreiros gigantescos, de cerca de dois metros e meio de altura cada um", nas proximidades de Porto Torres, perto de Sassari, na Sardenha. Ao lado dos esqueletos foram encontrados vasos e armas, que permitiram calcular que eles deveriam ter sido enterrados há cerca de quatro mil anos, aproximadamente. A notícia declara que "o professor Giovanni Lilu, especialista em história antiga mediterrânea, acredita que tais descobertas permitirão provar a historicidade dos heróis contados por Homero". E poderíamos bem acrescentar: também do relato bíblico sobre os gigantes.

Os cientistas distinguem hoje dois tipos de gigantes. Aqueles que atingem estaturas de 2,40 m. ou mais, que resultam de anomalias genéticas atribuídas a uma afecção da glândula pituitária, e quase sempre têm morte precoce. Aqueles que não atingem essa estatura limite provavelmente resultam de genes não-letais de gigantismo. Eventualmente podem ser verificadas essas duas influências de forma coincidente. [Biblioteca da Natureza "Life", Volume *A Evolução*. Livraria José Olympio Editora, Rio de Janeiro, 1969, p. 182.].

Figura 9 - Fotografia do jogador brasileiro Emil Rached com 2,13 m de altura

Pessoas de estatura elevada frequentemente são procuradas por treinadores de bola-ao-cesto para comporem suas equipes, devido às vantagens aparentes que resultam de sua altura. Na Figura 9 tem-se uma fotografia do jogador Emil Rached, com 2,37 m de altura, junto com o conhecido apresentador da TV Sílvio Santos. Na Figura 10 tem-se a fotografia publicada em 12 de julho de 1993 pela revista *Time* mostrando o presidente da Associação Nacional de Bola-ao-cesto dos Estados Unidos, David Stern (1,78 m), entre dois jogadores de grande estatura - à esquerda Shawn Bradley, com 21 anos e 2,29 m, e à direita Gheorghe Muresan, com 22 anos e 2,31 m.

Aparentemente a estatura de cerca de 2,50 m constitui hoje o limite estrutural possível para o ser humano, observadas as características atuais de resistência dos ossos. Maiores estaturas, com o mesmo índice de esbeltez, seriam exequíveis somente com ossos que suportassem maiores tensões admissíveis.

Continuando seu diálogo, Galileu observa "uma condição an-

Figura 10 - Fotografia dos jogadores Shawn Bradley e Gheorghe Muresan com 2,29 m e 2,31 m respectivamente.

tes não advertida" trazida à baila, com a consideração a respeito do imenso porte das baleias, "maior do que dez elefantes", e que poderia fazer com que

"os gigantes e outros animais enormes pudessem manter sua coerência e mover-se não menos que os menores, pois isso pode acontecer não apenas quando se acrescenta força aos ossos e outras partes do corpo, cuja função é a de sustentar tanto o próprio peso como o que se lhe acrescenta, mas também quando, permanecendo a estrutura dos ossos com as mesmas proporções, os mesmos esqueletos conservam sua coerência de uma maneira idêntica e até mais facilmente, se se diminuir proporcionalmente o peso da matéria dos mesmos ossos, e o peso da carne ou de tudo que se apóia sobre os ossos. É deste segundo artifício que se prevalece a natureza na constituição dos peixes, fazendo seus ossos e músculos, não apenas mais leves, mas também sem gravidade.

O fato de que os peixes possam ficar imóveis a meia água é um argumento concludente de que a matéria que compõe as partes do corpo tem a mesma gravidade específica que a água, de modo que, se nesse composto se encontram algumas partes mais pesadas que a água, é necessário que existam outras partes menos pesadas para que se possa produzir o equilíbrio. Se, portanto, os ossos são mais pesados, é necessário que os músculos ou outras matérias constituintes, sejam mais leves, opondo-se estas com sua leveza ao peso dos ossos, de forma que nos animais aquáticos acontece o contrário do que acontece nos animais terrestres, a saber, que nestes é tarefa dos ossos sustentar tanto o próprio peso como o da carne, enquanto que naqueles a carne sustenta seu próprio peso e o peso dos ossos. Desse modo, deixa de ser extraordinário que seja possível existirem na água animais enormes, o que não ocorre sobre a terra, isto é, no ar". [GALILEI, Galileu. op. cit. pp. 105-106.].,

De conformidade com o raciocínio objetivo exposto por Galileu depreende-se, portanto, que existe na realidade um limite estrutural superior para a dimensão dos animais. Tudo indica que, por razões inerentes às suas estruturas ósseas, os vertebrados terrestres não devem conseguir atingir maior porte do que os vertebrados aquáticos, como a baleia, a qual aparentemente constitui a maior estrutura óssea possível para os vertebrados (Figura 11).

Figura 11 - Variedades de baleia, o maior vertebrado conhecido.

"A baleia-azul (ou rorqual-azul) chega a medir trinta e três metros de comprimento, seis metros de altura, e chega a pesar uns cento e cinquenta mil quilos. É mais comprida que os dinossauros gigantes da pré-história, mais comprida que qualquer outro animal. Equivale a cerca de 30 elefantes, quatro rinocerontes ou 200 touros e pesa mais do que 1500 homens juntos. Só o coração da baleia-azul mede um metro de comprimento e um metro de largura e pode pesar uns seiscentos quilos. Com os seus oitenta mil quilos de músculos, a baleia-azul é capaz de arrastar um barco com gente e coisas dentro, sem maior dificuldade. Uma baleia-azul arpoada fez isso durante sete horas seguidas. E olha que o barco estava navegando a toda velocidade em direção contrária à da puxada da baleia. Rápida, a baleia-azul corre às vezes quase tão depressa quanto os caminhões mais ligeiros. Bebê recém-nascido de baleia-azul pode medir uns sete metros e meio de comprimento e pode pesar uns quatro mil quilos, ou mais. No fim de alguns meses, quando para de mamar, em geral alcançou uns quinze metros, porque o leite da mamãe é muito forte e muito gorduroso." [MEC. Mamíferos. Enciclopédia Infantil Brasileira - Instituto Nacional do Livro, 1959, pp. 12-13.].

O limite superior para a dimensão dos animais terrestres de grande porte evidentemente é função da forma ou tipo de estrutura da sua coluna vertebral. Na citação anterior, Galileu comparou a capacidade de cães e cavalos suportarem cargas adicionais, considerando-os como animais aproximadamente semelhantes geometricamente, como aliás podem ser considerados, como já dito, praticamente todos os mamíferos terrestres quadrúpedes."*Já os dinossauros, por exemplo, puderam existir em tamanhos muito maiores por terem uma estrutura completamente diferente. A cauda e o pescoço desses animais, muito longos e pesados, aliviavam os esforços na parte central do corpo, como ocorre nas pontes do tipo "cantilever"* [ou viga engastada]. *(A estrutura dos mamíferos é mais assemelhada à de uma ponte em viga reta simples)*" [CARNEIRO, Fernando Lobo. *op. cit.* pp. 37-38.].

Estas considerações permitem a comparação das estruturas ósseas de animais de grande porte já extintos, como o mamute, o mastodonte ou o dinotério, e o diplodocus, o brontossauro ou o braquiossauro, à luz da Teoria das Estruturas aplicada às pontes, levando em conta critérios de semelhança geométrica.

No estudo da estática dos corpos deformáveis submetidos à ação da gravidade, a Análise Dimensional introduz um coeficiente adimensional que recebeu o nome de "número de Galileu", que caracteriza o inter-relacionamento entre a influência do peso próprio, as dimensões do corpo e a sua resistência à ruptura. Como os demais coeficientes adimensionais que são introduzidos pela Análise Dimensional para a caracterização dos mais variados fenômenos, e que são utilizados como critérios para as respectivas semelhanças físicas, o número de Galileu é utilizado para descrever o comportamento de estruturas e suas componentes, e para o estabelecimento ou verificação de condições de semelhança física pertinentes.

Sendo γ o peso especifico do material, σ a sua tensão admissível, e ℓ uma dimensão linear característica específica da estrutura ou componentes em estudo, o número de Galileu pode ser escrito como

$$Gal = \gamma \ell / \sigma$$

e o comportamento de uma estrutura ou componente pode ser caracterizado por uma expressão do tipo

$$C_f = f(Gal)$$

onde C_f é um coeficiente adimensional característico da solicitação ou carga que atua na estrutura ou componente.

Para haver condições de semelhança física entre dois animais quaisquer, além da semelhança geométrica obviamente necessária, é necessário também que os correspondentes números de Galileu assumam valores iguais. Isso significa que, à medida que as dimensões lineares aumentassem, deveria aumentar proporcionalmente a resistência mecânica do material, ou então diminuir o seu peso específico. Como o material da estrutura óssea dos animais apresenta basicamente as mesmas características, sua resistência e seu peso específico permanecem basicamente iguais, e torna-se inviável manter o mesmo número de Galileu à medida que variam as dimensões lineares.

Em casos como este, em que não se tem possibilidade de variar sensivelmente a natureza do material da estrutura e, portanto, os seus parâmetros característicos, como peso especifico e tensões de ruptura, trabalha-se em laboratório com "modelos distorcidos" quando se busca estabelecer critérios de semelhança física. Assim, ao invés de utilizar o número de Galileu conforme definido anteriormente, introduz-se outro coeficiente adimensional Gal_{mod} obtido como o seu produto pelo "coeficiente de forma" ℓ/d

$$Gal_{mod} = (\ell/d)\, Gal = (\ell/d)\, (\gamma \ell / \sigma)$$

sendo ℓ uma dimensão linear longitudinal e d uma dimensão linear transversal, ambas características do corpo em estudo.

Resulta das condições de semelhança física, que exigem igualdade entre os coeficientes adimensionais que descrevem o fenômeno, que, mantidos iguais os valores de γ e σ, deverá existir a seguinte relação entre as escalas lineares longitudinal e transversal

$$\lambda_d = \lambda_\ell^2$$

sendo λ_d a escala linear transversal e λ_ℓ a escala linear longitudinal.

A desproporção que fica então aparente ao se compararem ossos homólogos de quadrúpedes de portes distintos, como, por

exemplo, cavalo e elefante, resulta dessa condição de "semelhança com distorções", como o próprio Galileu havia ressaltado no seu célebre desenho de um osso "normal" e outro com características de gigantismo, com comprimento três vezes maior e dimensão linear transversal característica nove vezes maior (Figura 8). Esta mesma relação de escalas explica o porte "gigantesco" das pernas dos grandes dinossauros, como o diplodocus, o brontossauro ou o braquiossauro.

Exemplo ilustrativo da variação de C_f em função do número de Galileu pode ser visto na Figura 12 para o caso de dois tipos distintos de pontes, em tese representativas das estruturas dos animais considerados anteriormente - mamute, mastodonte ou dinotério, por um lado, e diplodocus, brontossauro ou braquiossauro, por outro - respectivamente correspondentes ao modelo de pontes em treliças e pontes pênseis.

Pesquisas recentes indicam que, dentro de critérios de projeto usuais, o vão limite para treliças metálicas executadas com aço estrutural comum é de 500 m. Para pontes pênseis executadas com cabos de aço de alta resistência, esse limite é de 4.500 m. Isso sem dúvida lança luz sobre as limitações construtivas inerentes ao tipo de estrutura dos animais de grande porte considerados.

O mamute, o mastodonte e o dinotério devem corresponder ao tamanho limite possível para o tipo usual de estrutura dos grandes mamíferos terrestres com estrutura de treliça. O diplodocus, o brontossauro e o braquiossauro devem corresponder ao tamanho limite possível para os dinossauros que apresentam o tipo de estrutura pênsil.

No Quadro seguinte são apresentados interessantes dados comparativos do comprimento, da altura e do peso de várias espécies de dinossauros. Observa-se que os dinossauros de maior porte - diplodocus, brontossauros e braquiossauros - apresentam estrutura semelhante à das pontes pênseis já consideradas na Figura 12 e no texto respectivo, e correspondem aos maiores animais terrestres de que se tem notícia. Provavelmente este seria realmente o tamanho máximo possível de ser atingido dentro das limitações estruturais que condicionam a viabilidade dos quadrúpedes terrestres.

A título de ilustração apresentam-se nas Figuras 13 e 14 alguns dos animais terrestres de grande porte considerados até aqui, a fim de se poder ter uma ideia quantitativa mais precisa

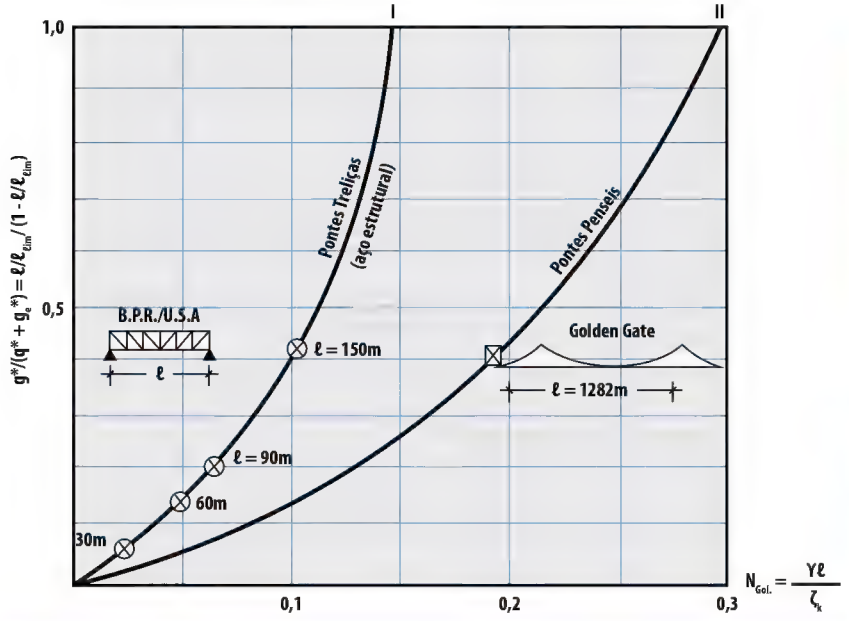


Figura 12 - Variação do coeficiente de força em função do número de Galileu, para dois tipos distintos de estrutura de pontes

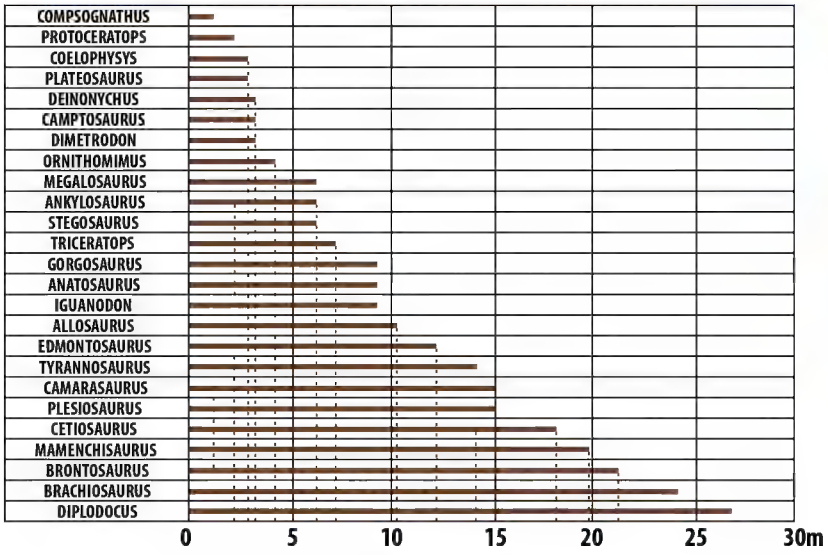
g^* = peso próprio da estrutura por unidade de área projetada
g^*_c = peso próprio do estrado (incluindo a pavimentação) por unidade de área projetada
q^* = carga uniformemente distribuida, por unidade de área do estrado
[CARNEIRO, Fernando Lobo. Análise Dimensional e Teoria da Semelhança e dos Modelos Físicos. p. 96. Editora UFRJ. Rio de Janeiro, 1993.]

Figura 13 - A girafa é hoje o animal mais alto do mundo, chegando a atingir mais de seis metros de altura.

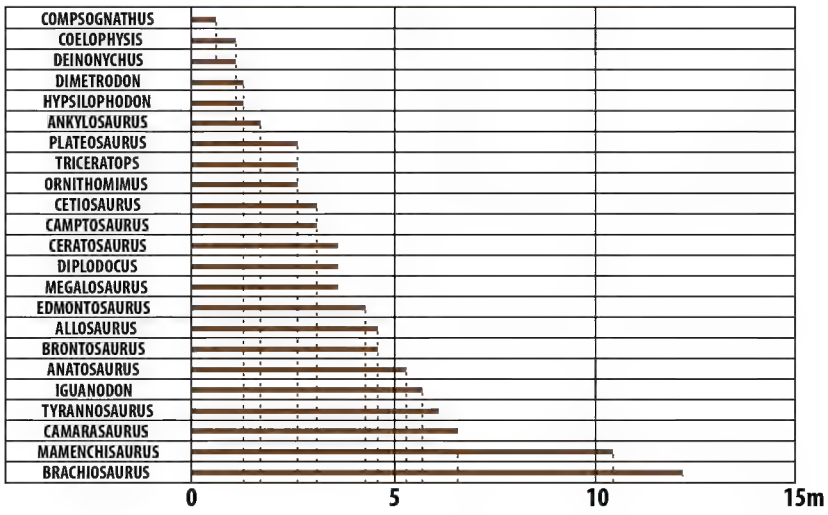
Seu pescoço pode medir mais de 1,80 m, impedindo-a de lamber partes de seu corpo, o que faz com que umas ajudem a outras nessa tarefa de higiene pessoal. Os braquiossauros atingiam o dobro da altura das girafas.

QUADRO COMPARATIVO DE COMPRIMENTOS. ALTURAS E PESOS DE DINOSSAUROS

COMPRIMENTO DOS DINOSSAUROS



ALTURA DOS DINOSSAUROS



PESO DOS DINOSSAUROS

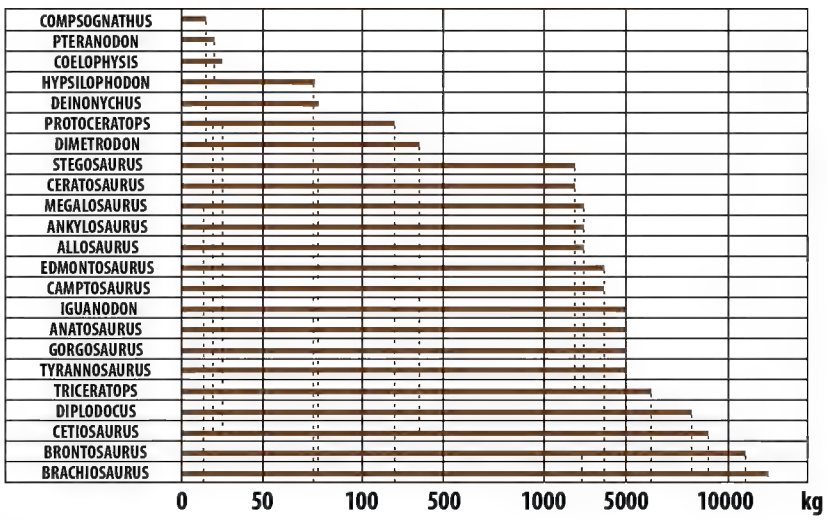


Figura 14 - O elefante africano é hoje o animal terrestre de maior porte do mundo. Sua altura chega a cerca de 4 m e seu peso a 750 kg. É ele, portanto, um pouco maior do que o tricerátops, mas ainda menos da metade do tamanho de um braquiossauro.

das dimensões envolvidas ao se procederem comparações.

Conclusão

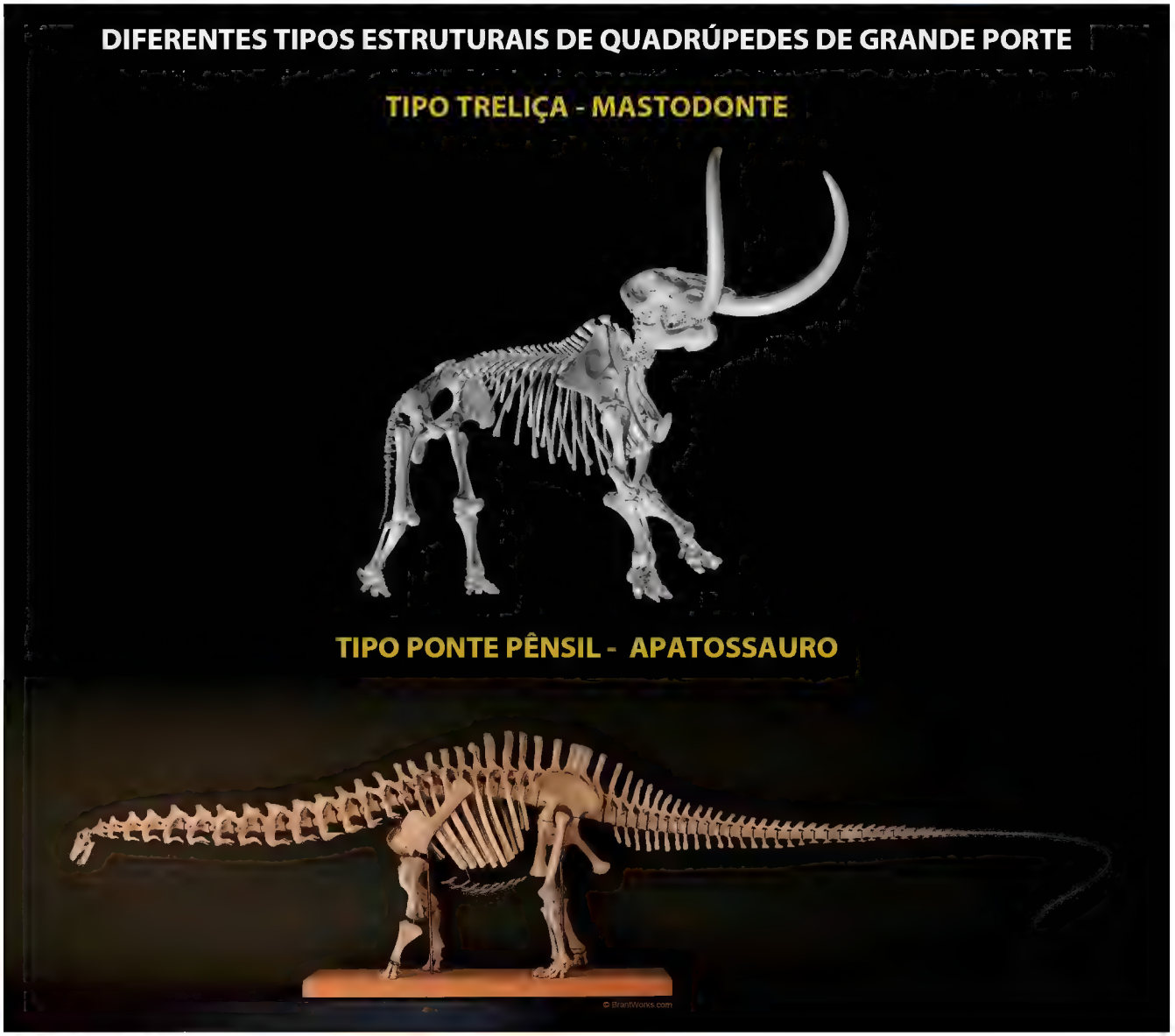
Como pode ser observado nos itens anteriores, a Teoria da Semelhança Física, como critério generalizante utilizado pela Ciência para a descrição de eventos que ocorrem no mundo físico, permite a obtenção de uma visão abrangente das condicionantes que afetam o planejamento físico dos seres vivos.

Tópicos tais como o metabolismo básico e a longevidade em função do tamanho e o próprio tamanho em função da resistência estrutural dos seres vivos, constituem assuntos sobre os quais a Teoria da Semelhança permite uma abordagem generalizante. Considerando-se particularmente os quadrúpedes, tanto mamíferos quanto répteis, e levando-se em conta suas peculiaridades como homeotermos e pecilotermos resultam interessantes considerações sobre as condicionantes que intrinsecamente limitam o seu planejamento como seres vivos.

Em particular, as mesmas leis físicas que condicionam o planejamento e o projeto de estruturas metálicas, de madeira ou de concreto, devem ser observadas nas definições das estruturas ósseas dos animais vertebrados. Tensão admissível e peso específico dos elementos estruturais constituem, assim, os fatores preponderantes que influem no porte máximo que as estruturas podem atingir.

Os vertebrados são os animais de maior porte observados, tanto dentre os animais terrestres quanto dentre os aquáticos. Devido ao chamado "Princípio de Arquimedes", o peso específico aparente dos corpos submersos é menor do que o peso específico medido fora da água, o que acaba resultando na exequibilidade de animais aquáticos de muito maior porte do que os terrestres. E é bastante significativo que, no relato de Gênesis sobre a criação dos animais, tenha sido destacado de forma particular esse fato ao ser apontado o grande porte dos animais marinhos, nada sendo dito sobre o tamanho dos animais terrestres, evidentemente de porte bastante menor. Sem dúvida, no contexto de todos os seres criados, "os grandes animais marinhos" mencionados em Gênesis 1:21 mereceram citação especial por terem constituido uma categoria especial que se sobressaiu com relação ao conjunto restante.

A criação, dentro da extrema diversidade verificada no espectro todo dos seres vivos, dá mostras de planejamento e projeto para a consecução de propósitos e desígnios formulados por um Criador sábio, racional e amante do belo.



PLANEJAMENTO E ACASO

As árvores constituem uma realidade palpável do planejamento levado a efeito para tornar este planeta um local propício à vida do ser humano. O relato de Gênesis nos revela que no terceiro dia disse Deus : "Produza a terra.. árvores frutíferas" (Gênesis 1:12). E continua dizendo que "...plantou o Senhor Deus um jardim no Éden, da banda do Oriente, e pôs nele o homem que havia formado. Do solo fez o Senhor Deus brotar toda sorte de árvores agradáveis à vista e boas para alimento."

P. Barry Tomlinson

Professor Emérito da *Harvard Forest* da *Harvard University*.

ARQUITETURA DAS ÁRVORES

As árvores integram um sistema que capta energia solar de forma otimizada para as sínteses orgânicas a serem efetuadas com a água que suas raízes retiram do solo e com o gás carbônico que suas folhas retiram da atmosfera, visando por um lado à fabricação de alimentos (cada uma "conforme a sua espécie'), e por outro lado também à formação de um conjunto arquitetônico decorativo do ambiente, com suas estruturas multiformes e com a maravilhosa policromia de suas flores.

A revista "American Scientist", vol. 71, de março-abril de 1983, apresentou o interessante artigo de autoria de P. Barry Tomlinson, intitulado "Tree Architecture", no qual o autor apresenta um panorama geral do formato das árvores e tece considerações sobre vários aspectos pertinentes. A abordagem do autor insere-se na estrutura conceitual evolucionista, mas permite ler nas entrelinhas a existência de um maravilhoso processo de planejamento no qual se destacam propósito e desígnio que nenhum acaso cego poderia justificar!

A seguir, transcrevemos esse artigo, sem nos furtarmos do dever de introduzir alguns comentários sempre que julgado oportuno eventual esclarecimento adicional tendo em vista a abordagem evolucionista do autor.

Introdução

A forma das árvores talvez constitua a sua mais marcante característica como grupo biológico e, apesar disso, só recentemente passamos a compreender alguns aspectos elementares de sua arquitetura. Neste artigo serão descritos os progressos realizados em três campos bastante distintos, utilizando diferentes abordagens e que no seu conjunto contribuíram para uma melhor compreensão da forma das árvores. Um dos métodos utilizados é descritivo, outro é teórico, e o terceiro é em grande parte experimental.

Primeiramente, no campo da Morfologia descritiva e qualitativa, pesquisas que levam em conta a diversidade das espécies de árvores tropicais revelaram princípios gerais construtivos, que mostram como o formato da copa se estabelece em função de processos determinísticos e oportunísticos. Em segundo lugar, no campo da Biologia teórica e quantitativa, a simulação do formato da copa mediante programas de computação permitiu ter ideias sobre o controle do desenvolvimento da forma da árvore. Esta abordagem apresenta uma vantagem adicional porque os seus métodos aplicam-se também a formas semelhantes às de árvores, que ocorrem em disciplinas não correlatas. Em terceiro lugar, pesquisas experi-

mentais realizadas sobre o processo da condução da água em árvores sugeriram a presença de condicionantes estruturais que controlam o escoamento da água preferencialmente na direção dos eixos principais, em contraposição aos eixos secundários, mecanismo este que permite as árvores crescerem, pois os ramos superiores e especialmente o tronco são favorecidos nos períodos de escassez de água. Embora as pesquisas em todas essas áreas estejam ainda engatinhando, elas indicam rumos para novos progressos de interesse para a Morfologia Vegetal.

Estes três tópicos aparentemente distintos relacionam-se todos com o conceito central de "arquitetura das árvores" formulado em torno da noção mais abstrata de "modelo arquitetônico" por dois botânicos europeus que iniciaram seus estudos com espécies tropicais: Francis HalIé e Roelof Oldeman. Seu método baseia-se em um amplo levantamento comparativo entre árvores, com ênfase em espécies tropicais (Hallé e Oldeman, 1970), que foi recentemente complementado, aprimorado e aplicado à análise da composição total da floresta (Hallé e outros, 1978). Este último passo resultou como consequência lógica, pois parece ser razoável, intrinsecamente, procurar o entendimento do todo a partir da descoberta do comportamento de cada uma de suas partes individuais.

Hallé e Oldeman conceberam o "modelo arquitetônico" como abstração do "plano genético básico" sob o qual se baseia a construção da árvore. [*N.E. - Reconhecem os autores a existência de um plano genético básico, que, para nós, criacionistas, é expresso pelas palavras de Gênesis 1:12 - "conforme a sua espécie"*]. O conceito é dinâmico e o desenvolvimento é fortemente enfatizado (Figura 1). A expressão visível desse modelo ou plano básico em qualquer instante no decorrer do tempo constitui a "arquitetura da árvore". Nesse sentido, "arquitetura" difere de termos amplamente usados tais como hábito de crescimento, forma viva, e especialmente formato da copa, todos eles referindo-se à expressão última da forma da árvore - sua forma como produto final. Além do mais, o tamanho não constitui um fator na análise arquitetônica; plantas de diferentes tamanhos finais, como gramíneas e árvores, podem possuir o mesmo modelo arquitetônico. O sistema é bastante empírico e chegou-se a ele mediante o registro de alguns parâmetros de crescimento observados de maneira relativamente fácil em um grande número de diversificações de espécies de árvores.

Como é dada ênfase às espécies tropicais, o conceito resultante de árvore é bastante amplo, incluindo plantas tais como fetos arbóreos, palmeiras, pandanos, cicas, bambus, e até bananeiras, bem como árvores dicotiledôneas que botânicos de clima temperado reconheceriam como apresentando uma construção mais convencional. De fato, a apreciação da diversificação tropical amplia enormemente o conceito convencional de forma de árvore.

O fato de que cada árvore tem um plano genético de crescimento precisamente determinado resultou da observação de muitas espécies diferentes nascidas de sementes, tanto espécimes cultivados em viveiros e plantações, como preferivelmente populações estabelecidas normalmente em ecossistemas naturais. [*N.E. - Além do "plano genético" sobre o qual se baseia a construção da árvore, o autor também reconhece o "plano de crescimento" da árvore. Há um "projeto arquitetônico" e há um "planejamento" para a construção da árvore, semelhante a um cronograma físico, comum para a execução de qualquer construção de projetos de obra arquitetônica.*]

As características observadas incluem fatores tais como se a árvore se ramifica ou permanece sem ramos (como em algumas palmeiras), se a ramificação se restringe à base do tronco ou não, se o broto cresce continuamente (característica tropical) ou ritmicamente, se existe ou não diferenciação nos ramos, com alguns ramos ortotrópicos (isto é, eretos e com simetria radial) e outros plagiotrópicos (isto é, horizontais e com simetria dorsoventral), se as flores são terminais ou laterais, e se o formato da copa compreende alterações posteriores na orientação dos ramos. Algumas dessas possibilidades representam alternativas bem definidas, como por exemplo se as flores são terminais ou laterais. Em outros casos as alternativas são menos bem definidas (como por exemplo os métodos de crescimento dos brotos) ou representam um contínuo de possibilidades (como por exemplo a orientação dos eixos dos ramos). Obviamente, há consi-

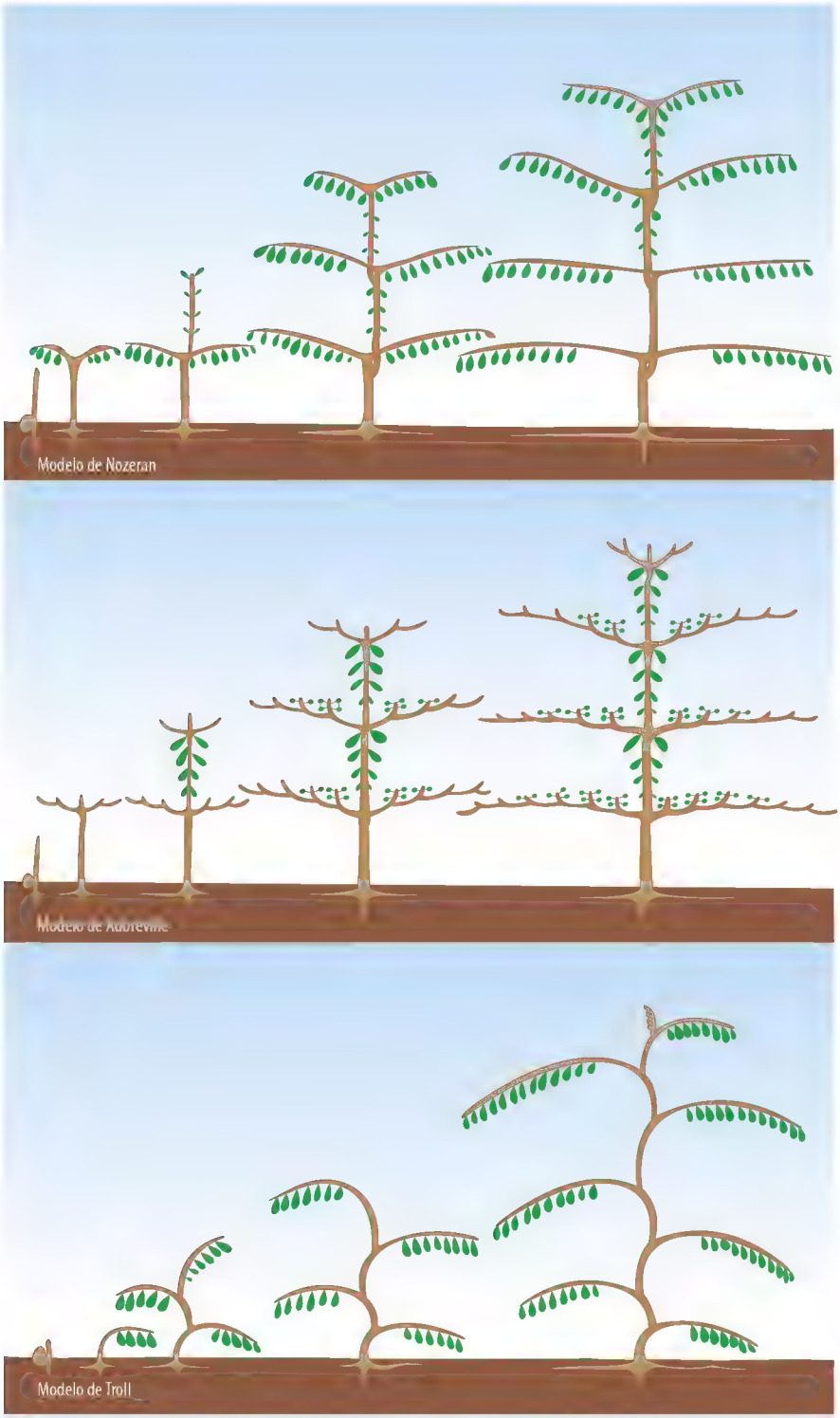


Figura 1 – No conceito dinâmico de arquitetura das árvores, de Hallé e Oldeman, as árvores desenvolvem-se de acordo com um planejamento genético bastante preciso - o modelo arquitetônico - que determina o seu formato.

No modelo de Nozeran, por exemplo, o ápice do eixo da árvore em crescimento produz uma camada de ramos orientados horizontalmente; surge então um novo eixo vertical abaixo dessa camada e repete-se o processo - camadas adicionais formam-se desta mesma maneira, O tronco, então, é "simpodial", ou feito de numerosos segmentos separados. O modelo de Aubréville, ao contrário, é "monopodial", caracterizado por um tronco único com crescimento rítmico. Cada ciclo de crescimento produz uma nova camada de ramos orientados horizontalmente, que se desenvolvem como complexos simpodiais que sustentam rosetas folhosas com flores. O modelo de Troil, formato bastante comum, desenvolve-se pela superposição de uma sucessão de ramos orientados horizontalmente, cada um deles apoiando-se sobre o ramo anterior mais antigo. O tronco ainda permanece simpodial. A abordagem dinâmica na análise do formato das árvores tem importantes consequências ao se examinar a resposta variável da árvore tanto à influência da competitividade quanto à do ambiente. (Cf. Hallé *et al.* 1978)

derável subjetividade na escolha das características e mesmo na interpretação das observações, mas o valor da abordagem reside na análise comparativa que ela permite no seu ordenamento da diversidade biológica, e principalmente na visão que ela proporcionou do processo de adaptação básico do desenvolvimento oportunístico.

Utilizando esse método de análise simples, Hallé e Oldeman reduziram a diversidade total dos formatos das árvores a 23 modos de desenvolvimento, ou modelos arquitetônicos (Figura 2) - uma notável conquista que provê um conjunto de pontos de referência universalmente aplicável.

O passo assim dado intelectualmente é comparável ao desenvolvimento do sistema binário de nomenclatura feito por Lineu. Um sistema neutro de notação para esses modelos foi planejado mediante o uso de nomes de botânicos que contribuíram com informações sobre o desenvolvimento de espécies significativas. O modelo de Chamberlain, por exemplo, refere-se a plantas com um tronco único simpódio, característica comum das *cicas*, para cuja elucidação muito contribuiu Chamberlain. Este sistema de nomenclatura elimina as conotações evolutivas de um sistema tipológico usando nomes de exemplares de plantas, e evita problemas que surgem porque os botânicos só podem ter familiaridade com um número limitado de espécies. [*N.E. - Pode-se observar a preocupação do autor com o fato de que a estrutura conceitual evolucionista pode na realidade cercear um trabalho*

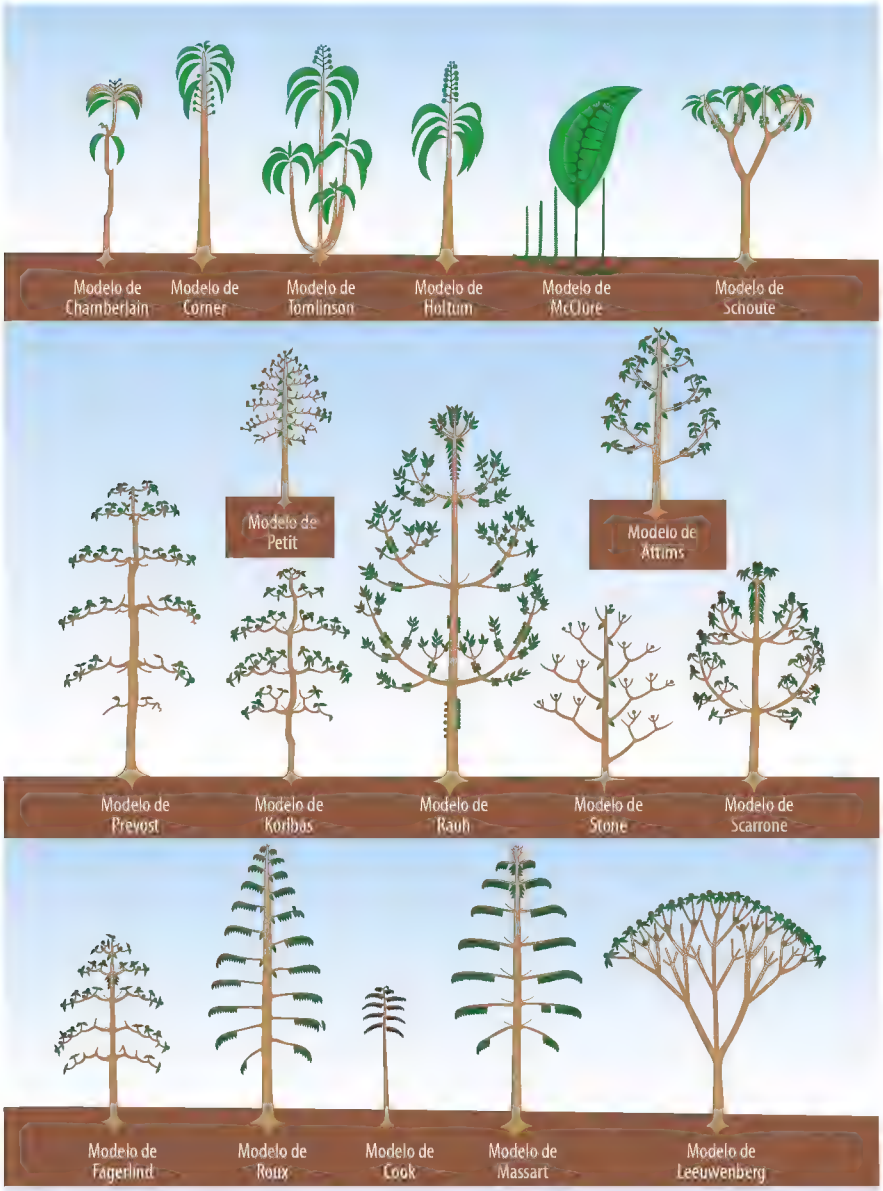


Figura 2 - Mediante o exame de algumas poucas características facilmente observadas em uma ampla variedade de espécies de árvores, Hallé e Oldeman foram capazes de reduzir a diversidade dos formatos das árvores a 23 modelos, alguns dos quais ilustrados acima.

Em cada caso, o formato está estilizado e é mostrado somente um dos estágios de desenvolvimento, representando a arquitetura plenamente expressa de cada modelo; o sistema de raízes, não conhecido, é indicado de maneira meramente esquemática em cada caso. Os exemplos representam formas expressas comumente naquilo que constitui um contínuo de modelos arquitetônicos, pelo que, uma árvore determinada pode situar-se intermediariamente entre dois modelos, ou pode partilhar características de mais de um modelo. A maioria das árvores conforma-se ao seu modelo durante um período limitado, como arbusto; o seu desenvolvimento contínuo usualmente modifica-se devido a eventos circunstanciais. (Cf. Hallé *et al.* 1978).

empírico que busca compreender o relacionamento dos espécimes entre si, e no seu conjunto.]. Embora a *Hevea brasiliensis* seja um bom exemplo do modelo de Rauh, amplamente distribuída nos trópicos, na zona temperada ter-se-ia de usar um exemplo mais familiar como o carvalho (*Quercus rubra*).

Isso não implica que cada árvore possa corresponder com precisão a um dos três modelos mencionados, pois de fato existe um contínuo de possibilidades arquitetônicas. Algumas árvores são intermediárias entre certos modelos arquitetônicos, enquanto outras como a cicuta (*Tusga*) (Hibbs 1981), compartilham características de mais de um modelo. Além do mais, somente árvores com organização bastante precisa, ou bastante simples - por exemplo, palmeiras e muitas coníferas - crescem de tal maneira que sempre se enquadram em um dos modelos descritos. A maioria das árvores conformam-se ao seu modelo durante um período de tempo limitado, enquanto novas, sendo o seu desenvolvimento posterior o resultado da modificação da copa em função de eventos acidentais, como descrito a seguir com maior detalhe.

Aplicação da Análise Arquitetônica

Embora a conveniente terminologia de Hallé e Oldeman tenha objetivado descrever o formato das árvores em um quadro de desenvolvimento, ela também permitiu diversas generalizações úteis, algumas das quais relacionadas com o significado funcional do formato das árvores. Primeiramente, o levantamento confirma que a maior variedade de formatos das árvores ocorre nos trópicos, onde existem representantes de todos os 23 modelos. O fato de que as florestas do trópico úmido incluem uma variedade maior de espécies de árvores do que as florestas temperadas, é bastante conhecido dos sistematas botânicos. Por exemplo, Poore (1968) identificou 374 espécies de árvores em uma gleba de 23 hectares nas baixadas da Malásia ocidental - quase o mesmo número que ocorre em todos os Estados Unidos continentais. O sul da Flórida constitui um microcosmo

dessa diversidade tropical, com uma representação particularmente rica de espécies; de um total de 120 espécies nativas, cerca de 100 são tropicais (Tomlinson 1980). A explicação evolucionista para essa profusão tropical não é imediatamente aparente, mas pode ser procurada na relativa uniformidade do clima encontrada em muitas baixadas de áreas tropicais. [*N.E. - Parece que o autor tem dificuldade para justificar esses fatos empíricos dentro da estrutura conceitual evolucionista.*]. As adaptações para a sobrevivência, então, relacionam-se mais com fatores bióticos do que climáticos. Em princípio, as condições tropicais são uniformemente favoráveis ao crescimento das plantas, e o sucesso estratégico de uma espécie relaciona-se com interações competitivas com outras plantas ou animais. Essas interações parecem permitir um intervalo maior de possibilidades do que no caso em que a interação entre a planta e o clima é o fator predominante. Uma explicação mais precisa, entretanto, ainda está faltando. [*N.E. - Esta última afirmação corrobora a nota editorial anterior.*].

De fato muitos dos 23 modelos restringem-se aos trópicos, e há muitas razões para isso. Em alguns casos, como nos modelos de Attmims e Petit, a definição do modelo inclui o crescimento contínuo dos brotos, o que não é possível nos climas temperados ou sazonais. Em outros casos, por exemplo, nos modelos de Holttum e Corner, os modelos são grandemente representados por monocotiledôneas, que parece restringirem-se aos trópicos porque não dispõem elas de mecanismos que as permitam suportar o inverno, embora elas possam sobreviver às estações secas. Modelos de árvores particularmente complexos, restritos aos trópicos, são os que têm sistemas de eixos de ramos altamente especializados, como o modelo de Nozeran, representado pelo cacau (*Theobroma cacao*) e o modelo de Aubréville, representado pela amendoeira do mar (*Terminalia catappa*). Uma característica distintiva de ambos esses modelos é a sua dependência da silepse, o crescimento de borbulhas laterais sem repouso prévio em um estágio de dormência, que é predominantemente um fenômeno tropical.

Uma segunda generalização é que não existe correlação necessária entre a arquitetura e a posição ampla (Hallé *et al.*, 1978). Espécies dentro de um gênero, ou dentro de gêneros bastante próximos, podem apresentar a mesma arquitetura, mas existem frequentes exceções. O mesmo formato distintivo de árvore pode ocorrer em famílias bastante diferentes, não relacionadas entre si. O modelo de Nozeran, encontrado nas Sterculiáceas, ocorre também em quatro outras famílias que se acham bastante separadas na sistemática. O modelo de Aubréville ocorre pelo menos em 19 famílias. Algumas famílias dicotiledôneas são arquitetonicamente ricas, em desproporção com o seu tamanho. Por exemplo, a família tropical das Icacináceas, relativamente pequena, que contém 300 espécies, inclui pelo menos 7 modelos (Hallé 1974); ao contrário, algumas famílias grandes são pobres arquitetonicamente, com a preponderância de um só tipo de arquitetura. O modelo de Troll, por exemplo, é muito comum na família extremamente grande das Leguminosas (12.000 espécies), demonstrando que o sucesso ecológico não depende da diversidade arquitetônica. [*N.E. - O planejamento levado a efeito na Criação deveria ter previsto total sucesso ecológico, independentemente de qualquer restrição.*]. Em contraste, as coníferas são arquitetonicamente pobres, com somente quatro modelos arquitetônicos; as gimnospermas em geral não são muito diversificadas arquitetonicamente.

Às vezes restrições de ordem estrutural limitam os modos de desenvolvimento. Plantas sem espessamento secundário, processo no qual o diâmetro do tronco aumenta à medida que a árvore cresce em altura e a copa se toma maior, apresentam uma restrição óbvia quanto à sua capacidade de ramificar-se. A maioria das monocotiledôneas lenhosas conformam-se a essa configuração. A ramificação dos eixos principais então ou se restringe á base do tronco como no modelo de McClure (bambús) e no modelo de Tomlinson (por exemplo, muitas palmeiras), ou segue uma configuração fixa como no modelo de Schoute (por exemplo na palmeira *Hyphaene*) ou no modelo de Stone (algumas espécies de *Pandanus*). Entretanto, a análise neste nível elementar indica que as árvores monocotiledôneas são arquitetonicamente mais diversificadas do que as gimnospermas, embora estas tenham a capacidade de

desenvolver troncos mais grossos à medida que crescem. Isso mostra novamente a maior radiação adaptativa das angiospermas quando comparadas com as gimnospermas, e responde também pelo sucesso competitivo das plantas com flor. [*N.E. - Esta última afirmação evidentemente se insere na estrutura conceitual evolucionista.*].

Em terceiro lugar, a ênfase dos modelos na dinâmica do crescimento revelou correlações, não levadas em conta anteriormente, entre modos de ramificação e a cronologia do desenvolvimento. Tem sido destacado (Tomlinson e Gil 1973) que existem duas possibilidades opostas de desenvolvimento para as borbulhas laterais nas plantas lenhosas: uma borbulha axilar pode crescer por "silepse", isto é, sem repouso anterior, ou por "prolepse", isto é, após um período de dormência (Figura 3). Embora esses processos possam ocorrer em um único indivíduo, normalmente eles são nitidamente contrastantes, e resultam em apreciáveis diferenças morfológicas. Assim, ramos siléptieos e prolépticos podem usualmente ser reconhecidos mesmo que o desenvolvimento da árvore não tenha sido observado no decorrer de um período de tempo prolongado. Este é um exemplo instrutivo da maneira pela qual pode ser feita uma interpretação dinâmica da arquitetura de uma árvore sem observação de longo prazo, desde que seja estabelecida correlação entre crescimento e estrutura.

Em árvores de clima mais temperado, a ramificação é inteiramente mediante prolepse, e as borbulhas laterais para o ano em curso permanecem inativas - isto é, as extremidades dos ramos principais (brotos diretores) permanecem sem ramificação. A silepse é muito comum em árvores tropicais; nelas, as borbulhas laterais se estendem ao mesmo tempo em que o seu eixo mãe - isto é, os brotos diretores podem ramificar-se. Isso significa que o fenômeno de dominância apical, ou supressão das borbulhas laterais pelas substâncias que controlam o crescimento, emanando da borbulha terminal, não é universal, como os fisiologistas vegetais que trabalham com espécies de clima temperado têm sido levados a supor. O valor da análise comparativa é particularmente bem demonstrado por esse ponto, que mostra que generalizações válidas não podem ser feitas sem referência a plantas tropicais.

De especial interesse são as árvores em que ocorrem esses dois métodos contrastantes de ramificação em sequência, como características arquitetônicas essenciais, sendo correlacionados precisamente com os tipos contrastantes de orientação dos ramos. No modelo de Nozeran, por exemplo (Figura 1), os eixos orientados horizontalmente, que formam cada camada de ramos, são produzidos por silepse, enquanto os eixos verticais que

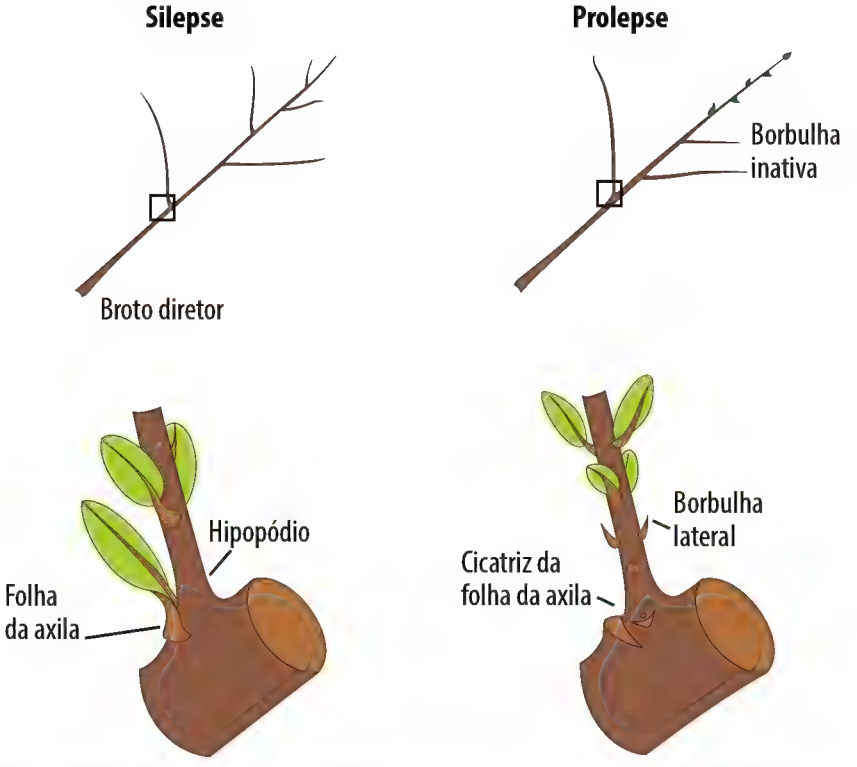


Figura 3 - A existência de dois modos diferentes de ramificação nas plantas lenhosas oferece pistas interessantes para a cronologia do desenvolvimento.

Na silepse, as borbulhas desenvolvem-se imediatamente, formando ramos que crescem simultaneamente com o seu tronco de origem, produzindo um hipopódio sem bainhas basais; as primeiras folhas são de tamanho praticamente normal. De maneira distinta, na prolepse o ramo se desenvolve, após um período de repouso, como uma borbulha lateral - no caso de árvores de clima temperado, no segundo ano. Uma série de bainhas se faz presente, juntamente com a cicatriz da folha da axila, e há uma transição gradual até ás folhas correspondentes à folhagem desenvolvida normalmente. A identificação dessas características permite certa avaliação da história anterior da ramificação da árvore. (Cf. Tomlinson 1980).

iniciam uma nova camada são produzidos por prolepse. Os mecanismos causais para essas duas respostas diferentes não são conhecidos. [*N.E. - A busca de mecanismos supostamente justificados pelos paradigmas evolucionistas não tem sido frutífera.*].

A questão mais geral quanto ao por que a silepse seria um fenômeno essencialmente tropical também permanece sem resposta [*N.E. - Idem observação anterior.*] pode ter a ver com os fatores hidráulicos que são discutidos a seguir. No momento deve ser enfatizado que a diferença entre silepse e prolepse tem sido grandemente passada por alto pelos morfologistas e fisiologistas vegetais, até recentemente. [*N.E. - Numerosas outras observações empíricas também têm sido passadas por alto pelos pesquisadores, especialmente quando as evidências ferem a estrutura conceitual evolucionista aceita predominantemente hoje nos meios científicos.*]. Uma razão para isso é obvia: como a silepse é predominantemente uma característica tropical, relativamente poucos botânicos têm tido oportunidade de observá-la como um processo normal de crescimento.

O processo de reiteração

Talvez a mais importante perspectiva que o estudo da arquitetura das árvores produziu esteja relacionada com o reconhecimento da maneira pela qual a maioria das espécies de árvores repara sua copa danificada. A maioria das árvores responde ao dano ambiental mediante o processo de "reiteração", isto é, pela replicação do modelo arquitetônico original de uma ou mais borbulhas ativas ou inativas. A reiteração pode ser interpretada como uma resposta adaptativa a certas espécies de tensões ambientais. [*N.E. - Sob a estrutura conceitual criacionista a reiteração é um mecanismo protetor inserido no planejamento original de cada espécie.*]. Arbustos nos níveis inferiores da floresta podem ser quebrados por ramos que caiam de árvores mais altas, por animais predadores, ou pela ação do vento. Como espécimes não danificados são raros em alguns ambientes naturais, de fato pode ser difícil fazer uma análise de desenvolvimento com base em um único modelo de crescimento.

Cada evento destes resulta em um "complexo reiterativo" na copa, essencialmente uma repetição do modelo arquitetônico da árvore. Em árvores simétricas, o complexo reiterado pode aparecer como uma versão em miniatura da árvore sobreposta à copa existente (Figura 4). Usualmente a replicação é completa, mas pode ser parcial, de tal modo que somente ramos, e não troncos, sejam produzidos, como no gênero Araucária. Em muitos casos o complexo reiterado origina-se de uma borbulha de reserva - uma borbulha dormente que não desempenhou nenhum papel anterior no desenvolvimento da copa. Entretanto, a reiteração pode também ocorrer mediante a reorientação de ra-

Figura 4 - A maioria das árvores responde ao dano físico mediante a reiteração, ou seja, a replicação de seu modelo arquitetônico original.

Nesta Figura, da esquerda para a direita, mostram-se vários exemplos desse processo: propagação a partir de um pedaço de caule, o desenvolvimento de novos brotos no tronco, a emergência de mergulhões, a criação da "junta baioneta" característica em arbustos quebrados, o crescimento de complexos reiterados (árvores em miniatura repetindo a arquitetura básica) em um tronco inclinado, e o desenvolvimento de eixos bifurcados, com dois brotos reiterando o modelo original. Nesta espécie de reiteração, a fonte da arquitetura repetida é uma borbulha previamente dormente, conhecida como borbulha de reserva; a reiteração pode também resultar da reorientação de ramos. (Cf. Hallé *et al.* 1978)

mos - por exemplo, quando um ramo orientado horizontalmente reverte-se a uma orientação vertical e o broto vertical então estabelece um novo complexo reiterativo. Esse processo é o responsável pelos brotos em forma de **J** que se verificam em muitas árvores em espaços abertos: um ramo se torna efetivamente tronco. Algumas árvores tropicais como a *Rhizophora* reiteram-se exclusivamente dessa forma.

A reiteração assume várias formas, incluindo diversos fenômenos conhecidos dos silvicultores: o desenvolvimento de brotos em troncos ou tocos, a emergência de mergulhões e a emissão de brotos em troncos inclinados (Figura 4). A propagação a partir de talos, gomos ou ramas é uma forma de reiteração estimulada artificialmente. [*N.E. - Não deixa de nos impressionar a variedade de mecanismos de reiteração, que constitui um conjunto de processos estabelecidos para a preservação de cada espécime.*]. Em termos arquitetônicos esses processos indicam a repetição do plano de crescimento da árvore. O valor da análise arquitetônica torna-se então evidente: somente quando a configuração básica da ramificação da árvore tiver sido percebida claramente é que se pode apreciar até que grau a construção da copa é o resultado de reiteração. A forma da copa das árvores é determinada inteiramente pelos processos gêmeos de arquitetura (processo determinístico) e reiteração (processo oportunístico), Assim, a forma da copa madura das árvores é o resultado de todos os eventos coletivos determinísticos e oportunísticos que o espécime tenha experimentado durante o decorrer de sua vida. Não podemos falar de "valor adaptativo" de uma forma de copa, pois a forma é grandemente determinada por eventos aleatórios. [*N.E. - Interessante observação feita pelo autor, que merece ser aprofundada dentro do contexto da controvérsia entre as estruturas conceituais evolucionista e criacionista.*].

A natureza oportunística do desenvolvimento de muito da copa sugere que a capacidade da árvore para produzir borbulhas de reserva faz parte de sua resposta adaptativa. O sucesso das angiospermas pode, portanto, ser relacionado com essa capacidade, tanto quanto com a sua capacidade de expressar grande diversidade de modelos arquitetônicos. É revelador que um dos mais comuns modelos de árvores - o modelo de Troll (Figura 1) - caracteriza-se pela plasticidade arquitetônica. Embora facilmente reconhecido, é ele um modelo difícil de se definir, como se a aleatoriedade dos riscos fosse antecipada pela própria falta de precisão do modelo de crescimento, já que não é muito previsível nem a posição dos ramos nem a sua orientação.

Quantificação e Simulação

Estudos sobre arquitetura das árvores, como os que foram discutidos anteriormente, são quase que totalmente qualitativos. Uma abordagem diferente, porém paralela, para o estudo do formato das árvores enfatiza a quantificação, reduzindo a forma da copa a uma série de parâmetros simples, permitindo assim a simulação do desenvolvimento da copa em computador. Esta abordagem reflete somente um aspecto especializado do interesse atual nas "árvores" como modelo matemático, definido como um sistema de ramificação com uma única trajetória possível entre dois pontos. As árvores deixam, assim, de ser domínio exclusivo dos botânicos, e passam a ser objeto de estudo em numerosos campos muito pouco relacionados entre si, como a Geomorfologia (sistemas de rios e seus tributários), a Neurologia (trajetórias das sinapses nervosas), a Fisiologia (estrutura das vias pulmonares), a Zoologia (estrutura das formações coralígenas), e até a Cibernética (certas espécies de redes de comunicação). A chave dicotômica comumente utilizada na sistemática para a identificação de organismos desconhecidos a partir de um conjunto de caracteres contrastantes constitui outra dessas árvores.

Honda (1971) foi quem primeiro observou que são necessários relativamente poucos parâmetros para gerar formas simples semelhantes a árvores, em um computador com terminal de vídeo, utilizando imagens estereológicas para criar formas tridimensionais. O efeito de alterações nesses parâmetros sobre a forma de árvore simulada pôde ser demonstrado facilmente, abrindo o caminho para a manipulação sintética das formas das copas.

Fisher e Honda (1977) usaram em seguida valores derivados de medidas diretas efetuadas em *T. catappa* (modelo de Aubréville) para simular a morfologia bas-

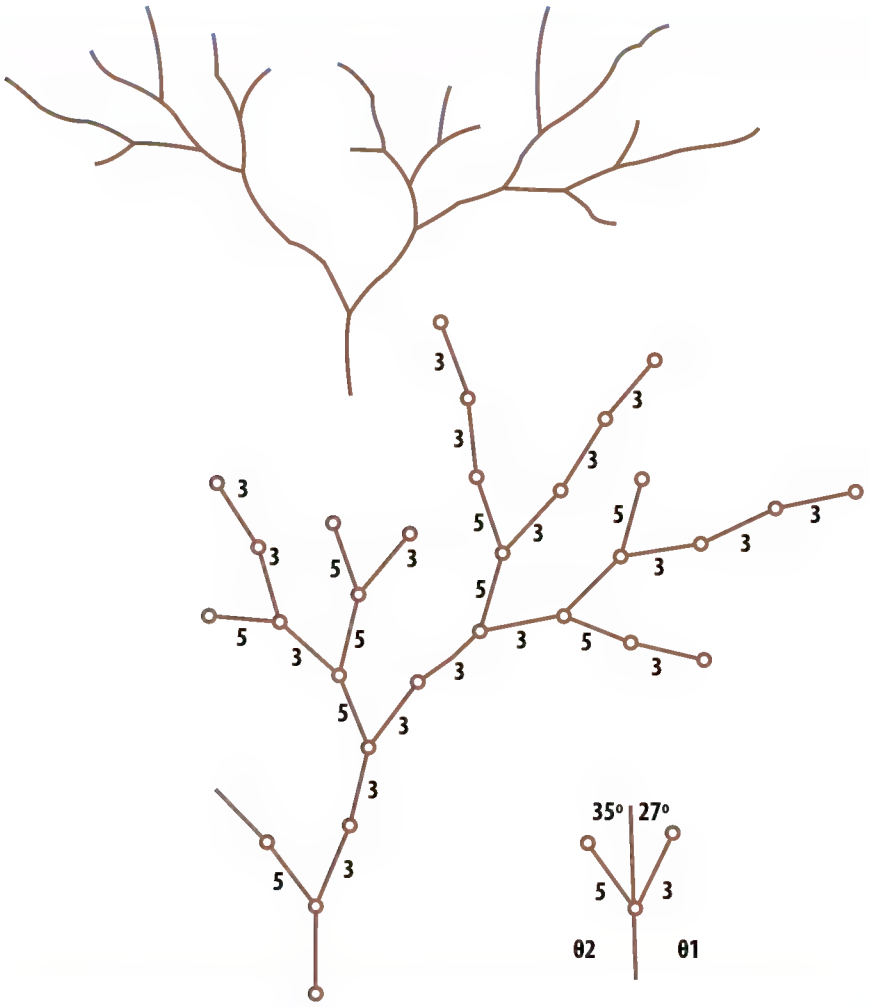


Figura 5 - Através da medida dos ângulos em complexos de ramos reais da amendoeira marinha (*Terminalia catappa*) estabeleceram-se regras de ramificação que permitiram a criação de um sistema teórico de ramificação para uso em simulação computacional.

O exemplo da parte superior mostra um complexo de ramos reais observado do alto (Ver o modelo de Aubréville na Figura 1 para uma vista lateral esquemática). No sistema teórico da parte inferior, os ramos alternam-se a partir das axilas das folhas 3 e 5 (numeradas na ordem de inicio no segmento), com os ângulos nas bifurcações 01 e 02 indicados no encaixe. A frequência da ramificação estabelece-se aleatoriamente, de tal forma que às vezes se desenvolve somente um, e às vezes dois ramos, nos nós ou junções representados por círculos. Nas árvores reais essas junções correspondem à localização das rosetas folhosas. (Cf. Fisher 1978)

tante regular de seus ramos (Fisher 1978). Nessa árvore as folhas em cada complexo de ramos orientado horizontalmente crescem de tal forma que se dispõem em uma série de rosetas localizadas nos interstícios de uma rede de eixos que têm uma geometria essencialmente hexagonal. Essa geometria regular, além de minimizar o comprimento total dos eixos no complexo, facilita a simulação, pois "regras" de ramificação podem ser estabelecidas facilmente mediante medidas efetuadas em árvores reais (Figura 5). Variando-se o ângulo de ramificação em um complexo de ramos na simulação, produz-se uma multidão de configurações. Cálculos posteriores mostraram que a configuração na qual o ângulo teórico coincidia com o ângulo real com maior aproximação, correspondia àquela em que era mínimo o sombreamento mútuo pelas rosetas dentro do mesmo complexo (Honda e Fisher 1978). Em outras palavras, a interceptação da luz era maximizada, e a fotossíntese tomada mais eficiente (Figura 6). Esta não é uma conclusão surpreendente, mas é um bom exemplo de uma demonstração precisa da presumível capacidade de uma árvore maximizar a atividade fotossintética mediante o método de disposição espacial das folhas. [*N.E. – Na realidade, o surpreendente é que não seja surpreendente esse processo de maximização na estrutura conceitual evolucionista, que pressupõe o acaso, pois processos de otimização são característicos de planejamento!*].

Hoje programas mais complexos foram desenvolvidos. Um deles (Honda *et al.* 1981) simula a interação competitiva tanto internamente a um sistema de ramos isolado quanto entre sistemas adjacentes (Figura 7) - um passo na direção da simulação da interação entre copas de árvores à medida que se desenvolve a cobertura florestal. Em outro programa (Honda *et al.* 1982), regras simples foram geradas para restringir progressivamente a ramificação nas ordens de ramos progressivamente superiores. Esse fenômeno certamente ocorre na natureza; se não ocorresse, as extremidades dos ramos logo se entrelaçariam emaranhando-se. Onde os sistemas de ramificação na natureza correspondem bastante proximamente aos elaborados na simulação, é possível que as regras artificiais de desenvolvimento correspondam de alguma maneira a regras do desenvolvimento real, validando o uso da informação teórica. Certamente, a pesquisa teórica traz consigo o enorme beneficio de um deli-

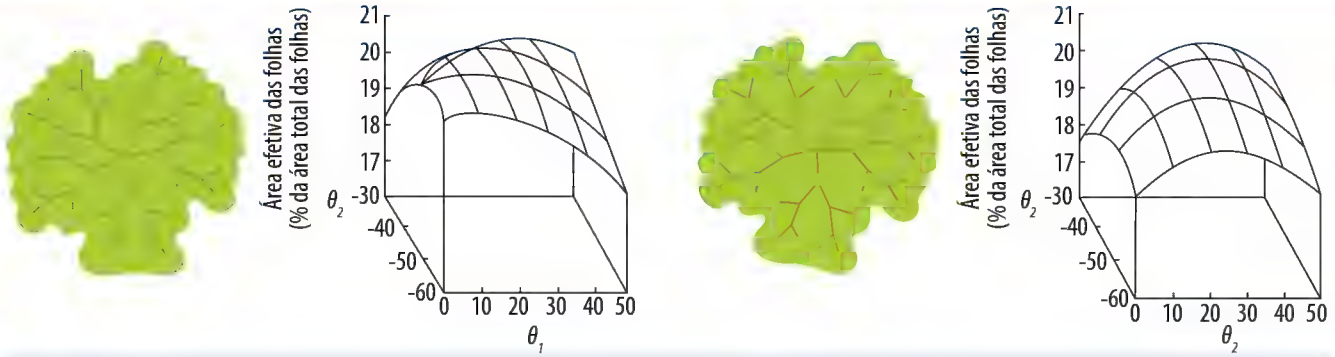


Figura 6 - Simulações computacionais de uma camada da folhagem de *T.catappa*, baseadas na regras estabelecidas na Figura 5.

Normalmente cada camada contém cinco complexos de ramos, como mostrado na Figura. As rosetas folhosas em cada junção são representadas por formas superpostas semelhantes a discos; o contorno da projeção desses discos corresponde à área efetiva das folhas. A área total das folhas é a soma da área de todos os discos. O sistema mais eficaz, do ponto de vista da fotossíntese, é aquele no qual a área efetiva das folhas é maximizada, com área mínima de aberturas no dossel de folhas. Dois sistemas distintos são simulados: no lado esquerdo, o sistema é uniforme, com o menor ângulo de ramificação (θ_1) sempre do mesmo lado da primeira bifurcação; no lado direito, o sistema é misto, com o menor ângulo em lados distintos, como nas árvores reais. Os gráficos à direita de cada complexo de ramos representam a área efetiva das folhas, em percentagem da área total das folhas (na realidade medida em unidades arbitrárias de valores percentuais) em função dos valores para os ângulos de bifurcação (θ_1 e θ_2). A máxima área efetiva das folhas para dada combinação de ângulos é indicada pelo ponto mais alto da superfície curva. Os valores medidos correspondem com bastante precisão aos máximos valores teóricos, sugerindo que a árvore possa medir e controlar o ângulo de ramificação com bastante precisão. (Cf. Fisher e Honda 1977).

neamento experimental simples; seriam necessários muitos anos para a execução de experiências comparáveis em árvores reais. A situação é complexa: as árvores, botanicamente falando, são sistemas tridimensionais de grande diversidade, mas o reconhecimento dos limites dessa diversidade a partir da análise arquitetônica pode tornar bastante realista a escolha dos modelos computacionais. É necessária referência continuada a exemplos vivos para equilibrar a análise teórica, mas pode ser avaliada de imediato a economia dos esforços de pesquisa a que leva a simulação.

À esquerda, as camadas são mostradas separadas por uma distância de 2,2 unidades, sendo 1 unidade o comprimento do primeiro ramo lateral. À direita, as camadas são mostradas desengajadas, para indicar a extensão da perda de ramos onde eixos colidentes são destruidos. As regras da ramificação são basicamente as mesmas usadas na Figura 6, com o acréscimo de um fator para as perdas devido à interação. (Cf. Honda *et al.* 1981)

Figura 7 - A simulação da interação entre complexos de ramos adjacentes de duas árvores em um plano determinado pode prover um modelo simples para a interação entre copas de árvores em um dossel florestal em desenvolvimento.

À esquerda, as camadas são mostradas separadas por uma distância de 2,2 unidades, sendo 1 unidade o comprimento do primeiro ramo lateral. À direita, as camadas são mostradas desengajadas, para indicar a extensão da perda de ramos onde eixos colidentes são destruidos. As regras da ramificação são basicamente as mesmas usadas na Figura 6, com o acréscimo de um fator para as perdas devido à interação. (Cf. Honda *et al.* 1981)

Arquitetura hidráulica

O estudo da capacidade de diferentes partes da planta para controlar o seu suprimento de água contribuiu também para uma nova compreensão da estrutura das árvores. A natureza integrada do sistema hidráulico da árvore é verificada imediatamente por meio de experiências simples nas quais se injeta corante e se acompanha a sua trajetória. Porém, como o movimento da água das raízes para a copa em uma árvore que transpira, em última análise é controlado por forças físicas, são necessárias modificações estruturais para regular o escoamento ao longo dos vários eixos da árvore. Por exemplo, se uma árvore deve tomar-se alta, seus eixos superiores devem ser favorecidos na distribuição do suprimento de água, mesmo que estejam situados desvantajosamente do ponto de vista hidrostático, por estarem longe das fontes localizadas nas raízes. Esse princípio se expressa em todas as plantas pelo simples fato de que os ramos inferiores e os apêndices laterais como as folhas podem murchar primeiro em períodos de escassez de água. Como isso acontece? Qualquer

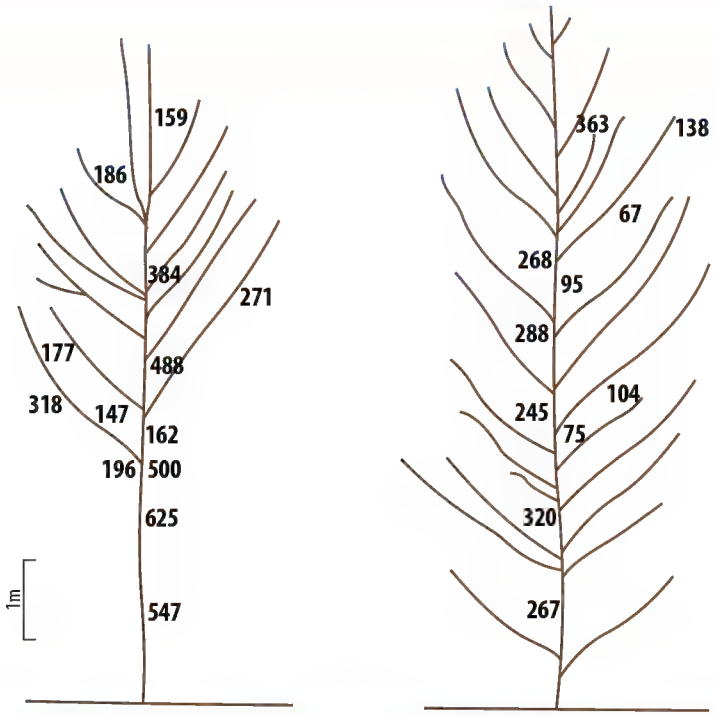


Figura 8 - Medidas de valores da condutividade em uma bétula (*Betula papyrifera*) à esquerda, e um choupo (*Populus grandidentata*) à direita, mostram que em geral a condutividade é maior no tronco, particularmente na parte inferior, e menor nos ramos, sendo o ponto no qual o ramo se une ao tronco uma região de constricção hidráulica.

As experiências foram feitas deixando uma solução diluída de cloreto de potássio escoar por gravidade através de segmentos retirados de várias partes da árvore. Os valores indicados para cada nível são dados em microlitros por hora da solução conduzida, por grama de folhas acima do segmento do sistema que está sendo investigado. (Cf. Zimmermann 1978a)

que seja o mecanismo, é provável que ele tenha evoluido bastante cedo na história das plantas vasculares [*N.E. - Evidentemente essa afirmação foi feita pelo autor dentro de sua perspectiva evolucionista. Na perspectiva criacionista, o mecanismo foi planejado desde o início, evidenciando desígnio e propósito!*]. A substituição precoce da dicotomia idêntica, característica primitiva de árvores geologicamente antigas, por alguma espécie de ramificação lateral controlada pode bem ter sido a primeira manifestação morfológica desta simples exigência fisiológica. [*N.E. - Suposição do autor, dentro de sua estrutura conceitual evolucionista.*].

Ao trabalhar na Floresta de Harvard, Zimmermann (1978 a, b) recentemente demonstrou experimentalmente que existe uma constricção hidráulica no ponto em que os ramos se ligam ao tronco. Isso foi feito mediante a medida da vazão da água em ambos os lados das uniões entre ramo e tronco, através de um simples método gravimétrico, e fazendo-se a correlação dos valores assim obtidos com o peso das folhas acima de cada porção do eixo, medindo-se a capacidade de transpiração e a exigência de transporte do broto. Os valores obtidos são sempre mais baixos nos ramos do que em seus eixos matrizes, e são mínimos na base dos ramos, sugerindo restrição do escoamento (Figura 8). Essa restrição em parte é devida a uma redução no diâmetro do vaso, que diminui com a distância para cima na árvore (Zimmermann e Potter 1982), mas poderia também indicar um número reduzido de vasos condutores ou uma combinação desses dois fatores. Uma zona de constrição análoga foi encontrada em plantas dicotiledôneas (Larson e Isebrands 1978), onde a resistência ao escoamento através da junção entre a bainha e o pecíolo foi demonstrada claramente.

As experiências foram feitas deixando uma solução diluída de cloreto de potássio escoar por gravidade através de segmentos retirados de várias partes da árvore. Os valores indicados para cada nível são dados em microlitros por hora da solução conduzida, por grama de folhas acima do segmento do sistema que está sendo investigado. (Cf. Zimmermann 1978a)

Outra possibilidade é que os vasos condutores sejam mais curtos na região das uniões entre ramo e tronco, embora isso pareça ser muito difícil de ser medido. Entretanto, Zimmermann e Jege (1981) elaboraram um método engenhoso e elegantemente simples para a medida da distribuição do comprimento dos vasos nos eixos, mediante a injeção de tinta látex bastante diluída. Temos assim a capacidade de estabelecer a base estrutural para toda a arquitetura hidráulica da árvore. As perspectivas para trabalhos futuros são animadoras, e a pesquisa por si mesma apresenta considerável importância prática em vista do número de doenças de plantas lenhosas nas quais agentes patogênicos perturbam o escoamento vascular normal. Um

exemplo bastante conhecido é, sem dúvida, a doença do olmo holandês.

Em um nível mais básico, a relação emergente entre forma e função pode nos levar a uma posição favorável para a elucidação de algumas das peculiaridades de correlação já discutidas. A prolepse pode estabelecer uma espécie de conexão vascular diferente da que a silepse estabelece, seja quanto à eficiência, seja quanto à segurança, na qual seja minimizado o colapso vascular devido ao embolismo dos vasos funcionais. John Speny, aluno de pós-graduação em Harvard, recentemente comparou os valores da condutividade de ramos prolépticos e silépticos em uma árvore, e descobriu que esses valores são mais baixos em conexões prolépticas jovens do que em conexões silépticas também jovens. A situação reverte-se quando a conexão se torna mais espessa, sugerindo que uniões prolépticas jovens são menos eficientes, mas mais seguras, enquanto que uniões prolépticas maduras são mais eficientes, mas menos seguras. Árvores de clima temperado podem, assim, ter evoluído a favor de união mais segura, isto é, daquela que é produzida pela prolepse. [*N.E. - Nada impede interpretar que, na estrutura conceitual criacionista, no planejamento original tivessem sido criados mecanismos distintos que seriam postos em ação à medida de eventuais necessidades futuras provocadas, por exemplo, pela alteração das condições climáticas terrestres.*]. Embora a união siléptica favorecida pelas árvores tropicais seja menos segura, ela pode também ser menos desvantajosa dadas as variações de clima menos acentuadas.

Arquitetura e Ecologia

Os vários aspectos dos formatos das árvores discutidos até agora podem todos ser relacionados com o problema central da capacidade de sobrevivência no ambiente competitivo da floresta. Tendo-se abstraído a árvore do seu ambiente florestal, para investigar como se desenvolve, como se exprime e como se controla o seu formato, parece conveniente inseri-la novamente no seu ambiente natural e tentar descobrir a razão do seu sucesso. [*N.E. - Evidentemente, na estrutura conceitual criacionista, o seu sucesso resulta do planejamento efetuado na criação original.*]. Entretanto, o sucesso ecológico de uma árvore não parece correlacionar-se tão somente com a arquitetura, pois árvores que se conformam a modelos arquitetônicos contrastantes podem ser encontradas em associação íntima (Ashton 1978). Em parte isto acontece presumivelmente porque algumas árvores estão adaptadas ao crescimento à sombra de outras árvores na floresta. Esse pode ser o caso do cacaueiro. Sua forma de tronco simpodial (modelo de Nozeran, Figura 1) pode permitir que ele tire vantagem de pequenas aberturas irregulares no dossel superior. Por outro lado, a forma da copa da *T. catappa* árvore de locais abertos, ensolarados, parece adaptada a maximizar a interceptação da luz em um dado nível, e a minimizar o sombreamento entre níveis diversos, que se desenvolvem em distâncias otimizadas. [*N.E. - Novamente, encontramos aqui também evidências de um sábio planejamento, contrapondo-se a tão somente uma evolução adaptativa guiada pelo acaso cego.*].

O fato de que a reiteração é um importante componente no desenvolvimento da copa sugere também que a arquitetura por si só não pode ser a chave para a sobrevivência da árvore na floresta, em competição com indivíduos de sua própria espécie, bem como de outras espécies. As forças que atuam contra essa sobrevivência são altamente imprevisíveis, pelo que tanto processos oportunísticos como determinísticos desempenham seu papel. Muito do refinamento do desenvolvimento da copa depende da capacidade da árvore para controlar o desenvolvimento dos ramos, de tal forma que se produzam borbulhas de reserva. A evolução progressiva da forma da árvore no decorrer do tempo geológico pode então relacionar-se com o refinamento progressivo do processo reiterativo. [*N.E. - Suposta dentro das premissas evolucionistas.*]. As características para as quais chamei a atenção demonstram a notável capacidade organizacional das árvores atuais, que por sua vez produziram a tremenda complexidade da floresta tropical tão rica em espécies botânicas. [*N.E. - Poderíamos acrescentar: indicando um efetivo planejamento por parte de uma mente superior, que realizou assim seus desígnios e propósitos de uma forma admiravelmente diversificada.*].

Tentativas para definir a propriedade biológica indefinível do formato das árvores têm resulta-

do, na última década, em notáveis avanços nos níveis empírico, teórico e experimental. Como classe biológica, as árvores são cosmopolitas em sua distribuição, e por isso parece justificável que uma abordagem cosmopolita tenha sido benéfica para aumentar nosso conhecimento. Semelhantemente, as árvores são organismos altamente integrados, e é também justificável que estudos de aspectos aparentemente não relacionados, quando integrados, tenham revelado processos biológicos fundamentais. Nosso entendimento do porque serem as árvores organismos tão bem sucedidos ainda é bastante imperfeito [*N.E. - E continuará imperfeito enquanto não partirmos para a sua focalização dentro da estrutura conceitual criacionista.*], mas as descobertas aqui descritas mostram que grandes conquistas foram efetuadas através de abordagens bastante elementares. A despeito de sua longa história como disciplina, a Morfologia Vegetal atualmente é uma área de investigação bastante desprezada. A consecução dessas conquistas traz bons augúrios para uma revitalização da pesquisa morfológica.

Referências

- Ashton, P. S. 1978. "Crown characteristics of tropical trees". *In* Tropical Trees as Living Systems, ed. P. B. Tomlinson e M. H. Zimmermann, pp. 591-615. Cambridge University Press.
- Fisher, J. B. 1978. "A Quantitative Study of Terminalia Branching". *In* Tropical Trees as Living Systems, ed. P. B. Tomlinson e M. H. Zimmermann, pp. 285-320: Cambridge University Press.
- Fisher J. B. e Honda H. 1977. "Computer Simulation of Branching Pattern and Geometry in *Terminalia* (*Combretaceae*), a Tropical Tree". *Bot. Gaz.* 138:377-84.
- Hallé, F. 1974. "Architecture in the Rain Forest of Morobe District, New Guinea". *Biotropica* 6:43-50.
- Hallé, F. e Oldeman, R. A. A. 1970. Essai sur l'Architecture et la Dynamique de Croissance des Arbres Tropicaux. Paris: Masson et Cie.
- Hallé, F., Oldeman, R. A. A., e Tomlinson, P. B. 1978 Tropical Trees and Forests : An Architectural Analysis. Springer Verlag.
- Hibbs, D. H. 1981. "Leader Growth and the Architecture of three North American Hemlocks". *Canad. J. Bot.* 59:476-80.
- Honda, H. 1971 "Description of the Form of Trees by the Parameters of the Tree-like Body : Effects of the Branching Angle and the Branch Length on the Shape of the Tree-like Body". *J. Theor. Biol.* 31:331-38.
- Honda, H. e Fisher, J. B. 1978. "Tree Branch Angle : Maximizing Effective Leaf Area". *Science* 199:888-90.
- Honda, H., Tomlinson, P. B., e Fisher, J.B. 1981 "Computer Simulation of Branch Interaction and Regulation by Unequal Flow Rates in Botanical Trees". *Am. J. Bot.* 68:569-85.
- _____1982. "Two Geometrical Models of Branching of Botanical Trees". *Ann. Bot.* 49:1-11.
- Larson, P. R, e Isebrands, J. G. 1978. "Functional Significance of the Nodal Constricted Zone in *Populus deltoids*". *Canad. J. Bot.* 56:801-04.
- Poore M. E. D. 1968. "Studies in Malaysian Rain Forest. 1.The Forest of Triassic Sediments in Jengka Forest Reserve". *J. Ecol.* 56:143-96.
- Tomlinson, P. B. 1980 Biology of Trees Native to Tropical Florida. Publicado pelo autor.
- Tomlinson, P.B., e Gill A. M. 1973. "Growth Habits of Tropical Trees : Some Guiding Principles". *In* Tropical Forest Ecosystems in Africa and South America : A Comparative Review, ed. B. G. Meggers, E. S. Ayensu, e W. D. Duckworth, Smithsonian Institution Press.
- Zimmermann, M. H. e Jeje, A. 1981. "Vessel Length Distribution in Stems of some American Woody Plants". *Canad. J. Bot.* 59:1882-92.
- Zimmermann, M. H. e Potter, D. 1982. "Vessel Length Distribution in Branches, Stem and Roots of *Acer Rubrum*" *L. Bull. Int. Assoc. Wood Anatomist* 3(2):103-09.

Notícias

E mais

AS DUAS PRIMEIRAS NOTÍCIAS QUE SE SEGUEM DEVERIAM TER SIDO PUBLICADAS NO NÚMERO 50 DA FOLHA CRIACIONISTA, O QUE NÃO ACONTECEU EM VIRTUDE DA EXIGUIDADE DE ESPAÇO.

- AS EXPERIÊNCIAS DE PASTEUR
- SPUTNIK, CURRÍCULOS E LIVROS TEXTOS, E A CONTROVÉRSIA ENTRE O EVOLUCIONISMO E O CRIACIONISMO
- E AS EVIDÊNCIAS DO PLANEJAMENTO?
- OS CRISTAIS DE NEVE - EVOLUÇÃO OU CRIAÇÃO?
- NOAM CHOMSKY
- O "BIG BANG" E O TELESCÓPIO ESPACIAL HUBBLE

OS EXPERIMENTOS DE PASTEUR

A famosa série didática do "Biological Sciences Curriculum Study" (BSCS) que em Português foi publicada pela Editora Edart - São Paulo, sob o patrocínio da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), na sua versão azul, volume 1, de 1980, logo no primeiro capítulo, apresenta um tópico intitulado "O trabalho do cientista é semelhante ao do detetive".

Dentro dessa perspectiva, continua o texto fazendo algumas observações sobre o trabalho do cientista:

"O cientista ... deve investigar a situação e coletar os fatos relacionados ao caso. Fato é qualquer observação que possa ser confirmada por muitas pessoas; os fatos relacionados a um determinado problema são os dados. Entretanto, no trabalho do cientista, a fase mais criativa surge quando ele consegue uma primeira solução para o seu problema; esta primeira solução, chamada hipótese, deve justificar todos os fatos conhecidos e deve, também, prever outros acontecimentos que ocorreram ou deveriam ter ocorrido. As duas principais funções de uma hipótese são, portanto, prever e explicar fatos. Usando sua hipótese como guia, o cientista ... procura, então, outras pistas ou faz novas observações. Se elas estiverem de acordo com a hipótese, esta ficará reforçada; em caso contrário, deverá ser revista ou mesmo rejeitada e substituida por outra. Os cientistas, como os detetives, podem ter que formular e testar muitas hipóteses antes de conseguirem a solução que procuram."

Foi esse exatamente o trabalho de Pasteur relacionado com a rejeição da hipótese da geração espontânea.

No item 4.7 do texto da BSCS, que trata das experiências conclusivas de Pasteur relacionadas com a geração espontânea, são trazidas interessantes informações sobre a condução da questão, ilustradas pela figura reproduzida na página seguinte. Por exemplo:

"Pasteur e a biogênese alcançaram uma grande vitória. Depois da publicação do trabalho de Pasteur, as notícias sobre geração espontânea passaram a ser ocasionais. Hoje, as poucas pessoas que ainda acreditam que vermes nascem do lixo e putrefação, não o fazem por nenhuma convicção

sobre a origem da vida, mas sim por ignorarem o ciclo de vida das moscas (mosca-ovo-larva-mosca).”

A legenda da Figura acima, no texto da BSCS reza o seguinte: “Etapas do experimento de Pasteur com os frascos de pescoço de cisne. Ao ferver a solução, as bactérias eram mortas ou expelidas do frasco. À medida que o frasco resfriava, o ar entrava no tubo, mas as partículas de poeira e as bactérias ficariam presas na primeira curvatura do tubo. A solução permaneceu estéril durante muitos meses.”

Interessante é que, apesar dessas asserções, deste ponto em diante todas as considerações apresentadas no livro, que tenham a ver com o surgimento e o desenvolvimento da vida sobre a Terra, atestam ainda de uma forma ou outra, a convicção de seus autores na abiogênese!

Basta ver, por exemplo, os títulos dos tópicos que se seguem:

A teoria da biogênese levanta novas questões

Hipóteses sobre a origem da vida na Terra

- A vida veio do espaço?
- Os primeiros seres eram autótrofos?
- As primeiras formas de vida teriam sido heterótrofas?

Condições da Terra antes do aparecimento da vida

- Como a Terra se formou?
- Os primeiros seres usaram Oxigênio?

Composição da atmosfera primitiva

A formação de compostos químicos

- Como se formam os compostos orgânicos?
- Experimento de Miller
- Proteínas são constituídas por aminoácidos

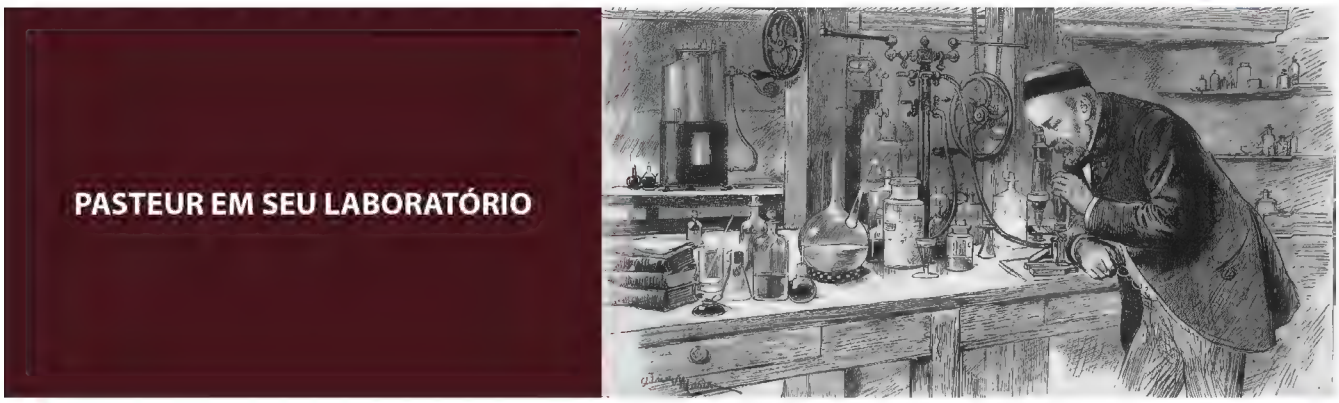
A vida emergiu dos oceanos primitivos

- As pré-células surgiram de grumos de compostos orgânicos

Liberação de energia nos heterótrofos primitivos

- Os catalisadores dos seres vivos

Et cétera, et cétera, sempre na linha da abiogênese! Elementar, meu caro Watson”?!



SPUTNIK, CURRÍCULOS E LIVROS-TEXTO DE CIÊNCIAS, E A CONTROVÉRSIA ENTRE O EVOLUCIONISMO E O CRIACIONISMO

Tendo já feito menção ao livro-texto de Biologia da BSCS na notícia anterior, julgamos oportuno transcrever as considerações seguintes, elaboradas pela Sociedade Criacionista Brasileira, sob a epígrafe acima, como contribuição para a melhor compreensão da controvérsia entre o evolucionismo e o criacionismo no âmbito do ensino de ciências no curso secundário.

"Há trinta e cinco anos o mundo ocidental foi apanhado de surpresa com o lançamento do *Sputnik* soviético, marcando o início da moderna era espacial."

Uma rápida, mas profunda, análise de situação então criada foi efetuada pelos responsáveis pela condução dos destinos da nação líder do ocidente - os Estados Unidos da América do Norte - que subitamente se havia visto inferiorizada perante o sistema do então oposto bloco político. Das numerosas providências então tomadas para remover o hiato que tão surpreendentemente se manifestara entre as duas superpotências, uma especialmente nos desperta a atenção - o cuidado especial que passou a ser dado à educação em todos os seus níveis, como um verdadeiro "projeto nacional".

Naquele mesmo ano do lançamento do Sputnik - 1957 - formou-se então a "Comissão de Estudos das Ciências físicas" (*Physical Science Study Comittee*) mais conhecida pela sua sigla PSSC, contando com expressiva dotação recebida da NSF (*National Science Foundation* – "Fundação Nacional de Ciência") para aprimorar o ensino da Física no nível de segundo grau. A essa iniciativa seguiram-se outras semelhantes, nas áreas de Matemática, Química, Biologia, e Ciências Sociais. Cerca de quinze anos depois do Sputnik, a NSF já havia financiado cerca de cinquenta projetos visando reformas curriculares no nível do segundo grau, totalizando o custo da ordem de cem milhões de dólares.

Durante as comemorações do centenário da publicação de "A Origem das Espécies", de Charles Darwin, em 1959, um grupo de professores reunidos em um simpósio patrocinado pela NSF para o estudo de uma reformulação geral dos currículos de Biologia, concluiu que o ensino da

O Sputnik e Yuri Gagarin, o primeiro astronauta (que não viu Deus no espaço!)

Teoria da Evolução necessitava ser reforçado. Foi, assim, formada a "Comissão de Estudos das Ciências Biológicas" (*Biological Sciences Curriculum Study*, mais conhecida pela sua sigla BSCS), irmã gêmea da PSSC, que se dispôs a não evitar assuntos controvertidos (como era até então o ensino da evolução orgânica), e passou a basear o novo currículo em temas atuais da Biologia tais como "as alterações dos seres vivos no decorrer dos tempos, a diversidade de tipos e a unidade da configuração dos seres vivos, a continuidade genética da vida, a complementaridade entre organismos e ambiente, e as raízes biológicas do comportamento".

Em 1963 foram publicados pelo BSCS três livros textos introdutórios para o segundo grau. Um deles enfatizava mais a Biologia Celular, outro a Ecologia, e o terceiro a Análise Molecular. Os três livros parcialmente se sobrepunham, e todos baseavam-se nas hipóteses evolucionistas. Ao serem eles lançados no mercado, houve uma série de incidentes decorrentes dessa abordagem evolucionista. "Supervisores escolares de vários Estados sulinos recusaram-se a comprá-los. O Conselho Estadual de Educação do Novo México insistiu que fossem impressas nas capas de todos os três livros da BSCS notas explicativas enfatizando que a Evolução era uma teoria e não um fato, e que essa era a posição oficial do Conselho. Uma disputa de maior dimensão teve lugar no Texas, Estado com longa tradição de conservadorismo na seleção de livros didáticos. Ao serem os livros apresentados para exame visando sua adoção, perante a junta revisora... foi feita uma apelação ao Conselho Estadual de Educação e ao governador John Connally... classificando os livros como "pura evolução, de capa a capa, completamente materialistas, e completamente ateístas", e solicitando providências para evitar a sua adoção como livros-texto".

A campanha contra a BSCS no Texas continuou durante o verão e o outono de 1964. Um dos oponentes dirigiu carta ao governador Connally sugerindo que "o assassínio de nosso Presidente (referindo-se a John F. Kennedy) e a tentativa contra a vida de V. Exa. foram artimanhas de indivíduo ateu. O propósito desta carta é chamar a atenção de V. Exa. para a situação que se vai configurando em nosso Estado com o propósito de promover o ateísmo em nossas escolas públicas mediante o ensino da teoria ateísta da Evolução". Não foi deixado de ser citado pelos oponentes também o fato de que os tiros que mataram o presidente haviam partido, coincidentemente, de um depósito estadual de livros didáticos.

Guerra fria tecnológica e conquista do espaço; reforma educacional e novos currículos; abordagem evolucionista e promoção do ateísmo. Este breve relato mostra como a problemática da educação no mundo moderno transcende aspectos puramente pedagógicos para envolver-se com questões que se relacionam com a filosofia da ciência e os valores religiosos aceitos pela sociedade, e até com a segurança nacional e os destinos do país.

Os livros-texto publicados pela PSSC, pela BSCS, e pelas comissões congêneres em outras áreas, logo transpuseram as fronteiras americanas e se espalharam por outras nações do mundo ocidental. Em nosso próprio país foram amplamente divulgadas pelo IBECC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura) e pela FUNBEC (Fundação Brasileira para Desenvolvimento do Ensino de Ciências) em várias edições.

Queremos neste breve artigo destacar duas questões fundamentais. Em primeiro lugar, como já acenado anteriormente, o contexto envolvido na reforma curricular dos cursos de segundo grau nos Estados Unidos da América do Norte. Em segundo lugar, a introdução dos livros-texto que então lá surgiram, efetuada posteriormente em nosso país, na sua conexão com os respectivos diferentes contextos culturais.

Quanto à primeira questão, faremos apenas menção à controvérsia entre as focalizações evolucionista e criacionista no ensino das ciências, desde as suas raízes históricas até as questões jurídicas levantadas em face dos preceitos constitucionais norte-americanos que garantem a independência entre o Estado e a religião.

Quanto à segunda questão, o episódio citado da campanha contra a adoção dos livros-texto da BSCS no Texas deixa patente uma importante faceta da diferença de comportamento das duas sociedades - a brasileira e a norte- americana.

Lá, a própria organização do ensino, descentralizada, essen-

cialmente pluralista, induz a participação dos diferentes segmentos da sociedade na problemática educacional, fazendo com que se manifeste a preocupação das famílias com a educação de seus filhos. Essa preocupação, por sua vez, ultrapassa o nível teórico-conceitual, passando a refletir-se em ações práticas específicas na defesa de certos princípios considerados como essenciais para o exercício pleno da própria cidadania. O processo para análise das indicações de livros-texto a serem adotados pela rede pública constitui um claro exemplo desse envolvimento da sociedade, motivado pela consciência de que deve lutar pela defesa de seus padrões.

Aqui no Brasil, a organização (?) do ensino, centralizada, desconhecendo a própria heterogeneidade regional, imposta de cima para baixo, na aparente busca de uma uniformidade monolítica nacional, parece procurar a concretização de modelos pedagógicos teóricos, defendidos por uma suposta elite intelectual, quando não por indivíduos agindo isoladamente, ao sabor de teorias em vigor em certos círculos no exterior, ou de tentativas para implantar certos modelos tendendo mais para o campo ideológico. Talvez devido à própria formação cultural brasileira desde os tempos coloniais, ainda hoje é praticamente inexistente a participação da família e da sociedade na problemática educacional (para nos restringirmos somente ao âmbito deste nosso artigo!). Não é de estranhar, portanto, que por exemplo a reforma da estrutura do ensino de Ciências em nosso país, que foi tentada a partir de uma série de Resoluções do Conselho Federal de Educação (desde a aprovação da Lei 4024/1961 de Diretrizes e Bases da Educação) que passaram a estabelecer nova conceituação para as licenciaturas, tenha resultado em um renomado fracasso, e que a virtual adoção dos já citados livros-texto norte-americanos pelas nossas escolas de segundo grau não tenha suscitado a menor controvérsia, não obstante sermos um país ainda preponderantemente católico!

Mais recentemente, cabe perguntarmos como foram inseridos na nova Constituição Brasileira de 1988 os preceitos relativos à educação. Qual foi a efetiva participação da família e da sociedade na defesa do pluralismo que tão decantadamente é dito caracterizar a nossa índole como povo? E o que poderá dela resultar, quando implementada, no sentido de garantir a preservação de nossa verdadeira herança cristã?

Nos Estados Unidos da América do Norte os princípios constitucionais, até hoje imutáveis, refletem o espírito republicano defendido pelos "Pais da Pátria", que garantem os direitos das minorias. No Brasil, as numerosas constituições que se sucederam desde a Independência, cada vez mais refletem um pseudo espírito democrático que garante tão somente os supostos direitos da maioria. Nesse contexto, como se tem desdobrado, lá e cá, a controvérsia em torno do ensino de Ciências à luz das concepções doutrinárias evolucionista e criacionista?"

Fica a pergunta para nossos leitores nela meditarem!

E AS EVIDÊNCIAS DO PLANEJAMENTO?

Clark R. Chapman, membro da equipe de espectroscopia da primeira missão "Discovery" da NASA, que teve como alvo os asteróides mais próximos da Terra, fez interessante resumo crítico de vários artigos publicados no número de outubro de 1994 da revista "Scientific American".

Tanto os artigos desse número de "Scientific American" como os comentários do próprio Chapman enquadram-se inteiramente dentro da estrutura conceitual evolucionista, o que faz com que suas declarações mereçam ser destacadas de maneira especial ao se referirem à problemática das origens.

O resumo crítico de Chapman foi publicado na revista "The Planetary Report" de novembro/dezembro de 1994, A seguir, transcrevemos de seu resumo alguns trechos de interesse para nossos leitores.

Se a energia do estado excitado do Carbono-12 fosse somente um pouco maior, os processos responsáveis pela criação dos elementos pesados no interior das estrelas não chegariam a produzir Carbono. O Universo então seria constituído somente de Hidrogênio e Hélio, sem os ingredientes necessários para a vida. É o que escreve físico Steven Weinberg, no número de outubro da revista "Scientific American". (*N.E. - A respeito desse assunto recomendamos também a leitura do artigo de Gerardus D. Bouw intitulado "O Espaço cósmico e o Tempo", publicado na Folha Criacionista número 38.*].

A prevalência dos mamíferos (e da neurologicamente complexa espécie *Homo sapiens*) na Terra nada mais é do que o resultado súbito de uma desconcertante sequência de eventos ocorridos ao acaso durante o último bilhão de anos. Não fosse assim, os dinossauros ainda estariam dominando, ou mantas de algas poderiam ser as formas de vida mais complexas existentes em nosso planeta. Este é o raciocínio de Stephen Jay Gould também em artigo do número de outubro de "Scientific American".

De fato, se não fossem as intensas oscilações de temperatura associadas às recentes idades glaciais, nossos cérebros não teriam sido estimulados a desenvolver a linguagem e a inteligência, de conformidade com William Calvin. Sucessos mais recentemente verificados na evolução das diferentes sociedades ao redor do mundo, discutidos por Robert Kates, puseram-me a mim (e a Vocês, meus leitores) em uma posição cultural vantajosa na qual podemos ler tanto "Scientific"American" como "The Planetary Report". Não fosse assim, não estaríamos agora considerando questões como essas.

Em cada outono, "Scientific American" dedica um número especial a um determinado tópico. Neste ano o assunto versou sobre a vida no Universo. Era previsível que o número contivesse artigos como o ensaio de Leslie Orgel sobre a origem da vida. No índice, contudo, pode-se ver que os temas variam desde o "big bang" (e os consequentes "grande colapso" ou "grande congelamento"), passando pela criação dos elementos e o desenvolvimento da atmosfera terrestre, até à natureza da própria inteligência. Em resumo, o tópico escolhido abrange a Física, a Química, a Geologia e a Biologia - com a incorporação de uma boa dose de Filosofia, também.

Sob certo aspecto, o "Scientific American" de outubro resume de forma estimulante o pensamento moderno a respeito de como as estrelas se formaram, e como a vida evoluiu, tudo ilustrado com fotografias recentes tiradas pelo Telescópio Espacial Hubble. Sob outro aspecto, esse número da revista serve como um equipamento para lançar o leitor na aventura de sua própria exploração a respeito de si mesmo e de sua origem.

Os astrofísicos que escreveram os artigos introdutórios parecem ter certeza sobre o que aconteceu durante o primeiro minuto da existência do Universo (na realidade, no primeiro milionésimo de milionésimo de segundo!). E têm certeza sobre como o céu passou a ser como é, e como vieram à existência os elementos químicos.

Os artigos subsequentes são bem menos carregados desse tom de certeza (ou deveriam ser). Claude Allègre e Stephen Schneider descrevem as teorias conflitantes a respeito da evolução da atmosfera terrestre. O artigo de Calvin sobre o surgimento da inteligência parece convincente, entretanto a perspectiva bastante diferente de Marvin Minsky sobre a inteligência faz-nos indagar se realmente conhecemos o suficiente sobre nossos cérebros para sabermos porque somos inteligentes.

O melhor artigo é o de Stephen Jay Gould sobre a Evolução. Nele se integram todos os fios que ele havia entretecido nos seus escritos publicados na revista *Natural History* e nos seus numerosos livros, levando-o a argumentar que muitas de nossas crenças que acariciamos em torno de nós mesmos, na melhor das hipóteses são distorcidas. Longe de vivermos na "Era Humana", nós, os seres humanos constituimos um acidente evolutivo marginal no contexto de uma interminável "era das bactérias". Gould mostra que a vida evoluiu episodicamente, que "progrediu' com dificuldade tanto em diversidade como em complexidade, e que somos um produto especial da evolução somente em termos de um cabotinismo apreciado por nós mesmos.

Outro aspecto peculiar do Universo é criar ele naturalmente as

concentrações locais de elementos mais densos que chamamos de planetas, colocando alguns deles em locais propícios (dentre enxames de meteoritos contendo Carbono existentes nas proximidades das estrelas) em que suas superfícies possam atingir temperaturas ambientes tais que a água possa permanecer em estado liquido e possa ativar reações químicas envolvendo matéria orgânica que se precipita de sua atmosfera. Tudo isto constitui uma receita para o estabelecimento de condições que proporcionem a origem e a manutenção da vida.

Os artigos passam muito rapidamente das estrelas à evolução da vida sobre a Terra, mas esta é uma pequena crítica que não invalida o conjunto todo como excelente fonte de informação.

Caberiam certamente algumas outras críticas, não tão pequenas, sobre a estrutura conceitual evolucionista que se situa na raiz dessa fonte toda de informação, que seria realmente excelente se houvesse pelo menos acenado com a alternativa criacionista para a explicação da realidade às vezes tão "desconcertante" quando analisada sob a óptica evolucionista.

De fato, admitindo-se como verdadeiro o processo postulado atualmente para a produção dos elementos pesados no interior das estrelas, a dosagem exata da energia do estado excitado do Carbono- 12, considerada por Steven Weinberg em seu artigo, não constituiria uma forte evidência a favor de planejamento, desígnio e propósito em um Universo criado e não evoluido ao acaso?

O "resultado súbito de uma desconcertante sequência de eventos ocorridos ao acaso durante o último bilhão de anos" considerados por Stephen Jay Gould como responsáveis pela prevalência dos mamíferos e do ser humano, não indicaria também um projeto específico de um Criador com propósitos definidos?

E o que dizer da declaração tão pouco científica de William Calvin sobre o desenvolvimento da linguagem e da inteligência sob o estímulo de intensas oscilações de temperatura?!

Ainda bem que Clark R. Chapman reconhece em seu apanhado sobre a abrangência do tópico escolhido para esse número especial de "Scientific American", que nos artigos considerados está também incorporada "uma boa dose de filosofia". Na realidade, o que transborda o domínio da Ciência propriamente dita, invade o domínio das conjecturas, e é nesse campo, que constitui o objeto da Filosofia, que se enquadram as estruturas conceituais sob as quais os fatos podem ser analisados. Criacionismo e Evolucionismo são estruturas conceituais, incapazes de "demonstrar cientificamente". Lamentavelmente, "o pensamento moderno a respeito de como as estrelas se formaram, e como a vida evoluiu" (afirmação esta que já admite como comprovada a evolução!) passou a ser considerado não como pensamento, mas como Ciência na sua acepção mais restrita de algo demonstrado indiscutivelmente, fora de toda e qualquer dúvida.

Chapman deixa transparecer alguma dose de ceticismo de sua parte ao falar da certeza dos astrofísicos sobre os acontecimentos do primeiro milionésimo de milionésimo de segundo da existência do Universo, dentro da concepção do "big-bang", e ressalta que os artigos subsequentes desse número especial de "Scientific American" "são bem menos carregados desse tom de certeza", acrescentando "ou deveriam ser"! E mostra em seguida as "teorias conflitantes a respeito da evolução da atmosfera terrestre" defendidas por Claudeas Allègre ou Stephen Schneider, bem como perspectivas diferentes sobre a inteligência defendidas por William Calvin ou Marvin Minsky.

A propósito do "big-bang", não deixa de ser ilustrativo o fato recentemente divulgado pela imprensa, de que essa teoria foi questionada três vezes nos dois últimos meses em função dos dados obtidos pelo telescópio espacial Hubble. (Ver notícia correspondente neste número 51 da Folha Criacionista).

No conjunto de artigos da "Scientific American" não podia faltar um de Stephen Jay Gould, que realmente tem avançado ideias até certo ponto ameaçadoras à estrutura conceitual estabelecida para a Biologia moderna. Conforme Chapman, os escritos de Gould têm levado à argumentação de que "muitas de nossas crenças, que acariciamos em torno de nós mesmos, na melhor das hipóteses são distorcidas". E digno de nota que a posição de Gould não é a uniformista clássica, pois admite ele "que a vida evoluiu episodicamente", conclusão a que provavelmente chegou curvando-se objetivamente à realidade do registro fóssil, embora mantendo ainda uma concepção evolucionista peculiar.

E não deixa de ser mais interessante, ainda, a "peculiaridade" que o Universo apresenta de "criar naturalmente as concentrações locais de elementos mais densos que chamamos de planetas". Além do mais, mais peculiar ainda é que, ao criar tais concentrações, sejam colocadas algumas delas em "locais propícios" para a existência de água e atmosfera com condições de "proporcionar a origem e a manutenção da vida" Como se diz em Português coloquial, "... e ponha-se peculiaridade em cima disto"!

Na realidade, uma vez aceita a estrutura conceitual evolucionista, parece que se pode forçar a inserção nela de tudo o que desejarmos, bastando para isso apenas manifestar perplexidade em face de "peculiaridades" que se sobressaiam!

OS CRISTAIS DE NEVE EVOLUCÃO OU CRIAÇÃO?

Os cristais de neve continuam a ser estudados ainda hoje, parecendo que o seu crescimento indica a tendência de se atingirem configurações mais complexas, com maior ordenamento, ou seja, com decréscimo de entropia. Por essa razão tem sido feita analogia entre o crescimento de cristais e a evolução, na tentativa de se justificar uma base teórica mais firme para a Teoria da Evolução.

Larry Vardiman, Ph. D. em Física, Chefe do Departamento de Astro-Geofísica do "Institute for Creation Research" de San Diego, Estados Unidos da América do Norte, escreveu interessante artigo sobre "A Evolução e o Floco de Neve", publicado na revista "Impact" n° 162, de dezembro de 1986. Dada a sua conexão com o assunto tratado no primeiro artigo publicado neste número da Folha Criacionista, transcrevemos a seguir alguns dos trechos mais relacionados com nossa abordagem, que sem dúvida cabem muito bem como complementação daquele artigo.

A Segunda Lei da Termodinâmica afirma que a entropia de todo o Universo é sempre crescente. A variação da entropia pode ser definida em termos de fluxo de calor, mudanças de volume e pressão, energia utilizável para realização de trabalho, ou de ordem e desordem.

Como estamos tratando de arranjos ordenados de moléculas em um cristal, discutiremos o conceito de entropia principalmente em termos de ordem e desordem. A entropia pode ser calculada a partir do logaritmo do número dos diferentes modos pelos quais uma porção de moléculas podem ser arranjadas, de tal maneira que os arranjos apresentem ser idênticos para o observador. Por exemplo, suponha-se que temos uma caixa com um diafragma interno, e de um lado só moléculas pretas e do outro, só moléculas brancas. Retirando o diafragma e deixando as moléculas se misturarem qual seria a variação da entropia?

Feynman, discutindo esse exemplo, pergunta "De quantas maneiras poderiam as moléculas se distribuir de tal forma que as moléculas brancas fiquem em um dos lados da caixa, e as moléculas pretas no outro? Por outro lado, de quantas formas poderíamos distribuí-las sem nenhuma restrição quanto aonde deveriam ir? É claro que neste último caso existem muito mais formas em que poderiam elas se distribuir do que no primeiro caso." (FEYNMAN. R. P., LEIGHTON, R. B., e SANDS, M. The Feynman Lectures on Physics. Addison-Wesley, 1963. Capítulo 46, pp. 1-9).

Feynman concluiu que a entropia é maior quando as moléculas se distribuem uniformemente. É também evidente que uma caixa contendo inicialmente todas as moléculas pretas de um lado e as brancas do outro, com o tempo tenderá para uma distribuição uniforme das moléculas. É tão pequena a probabilidade de que uma mistura inicialmente uniforme de moléculas pretas e brancas se divida de tal forma que as moléculas pretas se dirijam todas para um lado e as brancas para o outro, que nin-

guém jamais chegou a observar tal evento.

Com esta compreensão da entropia, poderemos enunciar melhor a Segunda Lei da Termodinâmica. Em primeiro lugar, a entropia mede a desordem. Em segundo lugar, o Universo sempre se desloca de um estado ordenado para outro desordenado, o que significa que a entropia do Universo sempre cresce. Ora, a primeira questão que surge é se a entropia poderia decrescer, em um sistema "aberto" local. A Segunda Lei exige tão somente que a entropia do Universo todo sempre cresça. Se um sistema local sofre um decréscimo de entropia, suas vizinhanças devem sofrer um aumento maior de entropia. Desta forma, em um sistema local tanto pode ocorrer o aumento como a diminuição da entropia. O problema não é se pode ocorrer um decréscimo da entropia, mas o que está acontecendo nas vizinhanças para ocasionar o decréscimo da entropia.

Para a formação dos cristais de gelo, resultando maior ordenamento, deve ser retirado calor do sistema local e introduzido nas vizinhanças, ou essas vizinhanças devem tornar-se mais desordenadas, de alguma forma. O agente para produzir esse ordenamento de um sistema local e o desordenamento das vizinhanças é o resultado imediato ou secundário da atuação de um agente não contido no sistema. Esse agente deve produzir trabalho para remover calor ou introduzir ordem em um sistema, para que a sua entropia diminua. O aumento de ordenamento aparente no cristal é realmente causado pela perda de energia térmica e pela estrutura pré-codificada das moléculas de água e suas ligações hidrogênicas associadas.

Sempre que o ordenamento de um sistema local resulte em beleza, simetria ou funcionalidade, isso requer um código pré-designado, e não acontece aleatoriamente. Cada agente físico atuando em um nível mais elevado deve funcionar com maior ordenamento e poder do que o efeito que ele produz. A causa última que controla todos as processos secundários deve ter inteligência organizadora e poder infinitos. Essa causa última, ou primária, é Deus. Deus produz o ordenamento ou diretamente ou mediante processos secundários.

...O crescimento dos cristais tem sido usado como analogia para a defesa da Teoria da Evolução. Apresenta-se o argumento de que, como o crescimento ordenado dos cristais é um processo natural, a evolução da vida provindo do mais simples para o mais complexo também constitui um processo natural. Mostramos, entretanto, que cristais de gelo somente crescem quando um agente externo está impulsionando o processo contra os processos naturais de decaimento descritos pela Segunda Lei da Termodinâmica.

A Teoria da Evolução sugere que o aumento de organização desenvolveu-se simplesmente mediante processos aleatórios. Prigogine, por exemplo, tentando elaborar essa argumentação, afirmou que "...em um sistema não isolado existe a possibilidade de formação de estruturas ordenadas, de baixa entropia, em temperaturas suficientemente baixas." (PRIGOGINE, NICOLIS e BABLOYANTS. "Thermodynamics of Evolution. Physics Today", vol. 25, nº 11, 1972, pp. 23-28).

Entretanto, processos aleatórios no mundo físico sempre ocorrem na direção de maior desordenamento total, de conformidade com a Segunda Lei da Termodinâmica. Se processos físicos simples, como a mistura de gases, ocorrem no sentido do maior desordenamento, por que os complexos processos biológicos ocorreriam naturalmente no sentido do maior ordenamento? O próprio Prigogine, por exemplo, após a tentativa de demonstrar a auto-organização em sistemas não em equilíbrio, mediante processos aleatórios, afirma que "infelizmente esse principio [de auto-organização] não pode explicar a formação de estruturas biológicas. A probabilidade de que, em temperaturas ambientes, um número macroscópico de moléculas seja organizado para dar origem às estruturas altamente ordenadas, bem como às funções que caracterizam os organismos vivos, é extremamente pequena". Além do mais, o ordenamento nos cristais resulta da retirada de energia térmica, enquanto que os evolucionistas argumentam que a evolução se mantém por si mesma pela introdução de energia térmica proveniente do Sol. Os dois casos nada têm de analogia entre si. E ainda mais, o aumento do ordenamento na Evolução é suposto ocorrer indefinidamente, enquanto que um cristal, uma vez formado deterministicamen-

te mediante o sistema pré-codificado que o produziu, chega a seu termo e não mais pode continuar em direção a ordenamentos superiores.

O Cristianismo bíblico, por outro lado, acha-se perfeitamente de acordo com a observação da ordem no Universo, e a sua degradação no decorrer do tempo. Em parte alguma, dentro ou fora da Bíblia, não há qualquer evidência de que a ordem aumente lentamente ao longo de prolongados períodos de tempo mediante o processo de evolução biológica ou outro qualquer fenômeno aleatório.

O crescimento dos cristais de gelo não provê evidências que apoiem a Teoria da Evolução. O crescimento dos cristais é consistente com a Segunda Lei da Termodinâmica, e ambos constituem evidência da supervisão e do cuidado de Deus com relação à Sua criação. Deus é um Deus de beleza e ordem, e deseja que estudemos Sua criação para aprender mais a Seu respeito. Ele nos sugere considerar essas questões mais profundamente ao nos perguntar: "Acaso entrastes nos depósitos da neve, e vistes o tesouro da saraiva?" (Jó 38:22)

E não poderíamos finalizar estes comentários sem considerar a pequena nota de autoria de Willis E. Keithley publicada na revista da "Creation Research Society" de 15 de março de 1979, em conexão com as figuras de cristais de neve apresentadas na sua capa. Achamos que a transcrição dessa nota poderia complementar com chave de ouro o despretensioso primeiro artigo publicado neste número da Folha Criacionista.

Na infinitude do espaço, desloca-se um número incontável de estrelas, galáxias e Universos, numa ordem de grandeza que reduz a nada nossos mais arrojados sonhos. Que infinita interação de energias físicas e químicas iniciou Deus nessas reações nucleares em escala espacial!

Um dia, porém, Deus deixou de lado o macrocosmo e elaborou um projeto que levasse a Sua criação a um clímax perfeito. Então criou Ele os flocos de neve!

Reunindo todas aquelas forças que haviam atuado na própria criação dos mundos, forjou Ele esse delicado mini-meteoro. Com o poder flamejante do Sol, retirou Ele dos oceanos algumas gotas d'água e as transformou em uma exalação diáfana de vapor. Então, com uma poderosa rajada de vento, elevou-a bem alto, acima da superfície da Terra, introduzindo-a naquele ambiente rarefeito da alta atmosfera, pleno de luz. Então, na assepsia desse laboratório celeste, onde nenhuma influência terrestre poderia prejudicar, começou Ele a reordenar aquelas moléculas de vapor d'água, átomo a átomo.

... Veio então à tona o magnificente pensamento: Por que reagrupá-las de forma monotonamente idêntica? Por que não programar o "software" para uma reação em cadeia e deixar que cada operação induzisse a operação seguinte, não impondo limite algum para o processo?

Entretanto, deveria ser imposto ao resultado algo semelhante a um selo de qualidade, ou marca registrada, que viesse a identificar o seu Criador. Tornou-se claramente evidente que Deus deveria apresentar-Se em Sua natureza triúna; foi então introduzida na programação a forma de um triângulo equilátero. Em Sua eterna presciência, também antecipou Deus o dia em que Seu Filho assumiria a forma humana, em corpo, espírito e alma, e então, por que não combinar as duas tríades para formar uma estrela perfeita com seis pontos? Que triunfal manifestação da triunidade seria refletir desta forma Cristo como a estrela d'alva da esperança!

Pareceria tudo isso ilusório?

A Filosofia secular afirma que todos os fenômenos naturais ocorrem como eventos casuais resultantes de algum caprichoso jogo de dados. E eis aqui uma possibilidade de explorar também essas conjecturas a respeito do acaso. Tem sido relatado que não existem dois flocos de neve exatamente iguais. Na realidade ninguém comprovou essa afirmação mediante o exame de todos eles. Certamente os flocos de neve são todos diferentes. Sua enorme variedade realmente aponta para o infinito. Não estaria essa diversidade sugerindo a infinitude sobre a qual parece que repousam todas as facetas da natureza?

Não deveríamos, porém, desprezar as evidências de desígnio e propósito. Poderia constituir mero acaso o coração de cada floco de neve integrar a própria essência da geometria? Esses conjuntos de seis, e seus exatos sessenta graus, revelam não somente a sagrada Estrela de Davi, como também testemunham a centralização do planejamento.

Mesmo Henry David Thoreau foi induzido a olhar para além de um eventual capricho da natureza, quando escreveu que "A natureza encontra-se plena de genialidade, plena da própria divindade. Nada é destituído de valor ou tornado vulgar, nem uma gota de orvalho, nem um floco de neve. A Divindade deve ter-se interposto antes mesmo dos cristais se formarem e se precipitarem".

Realmente, em um simples floco de neve encontra-se impresso, de maneira indelével, o selo de qualidade que aponta para um Criador amante da estética e do belo, da simetria e da harmonia das formas geométricas, e da unidade dentro da diversidade.

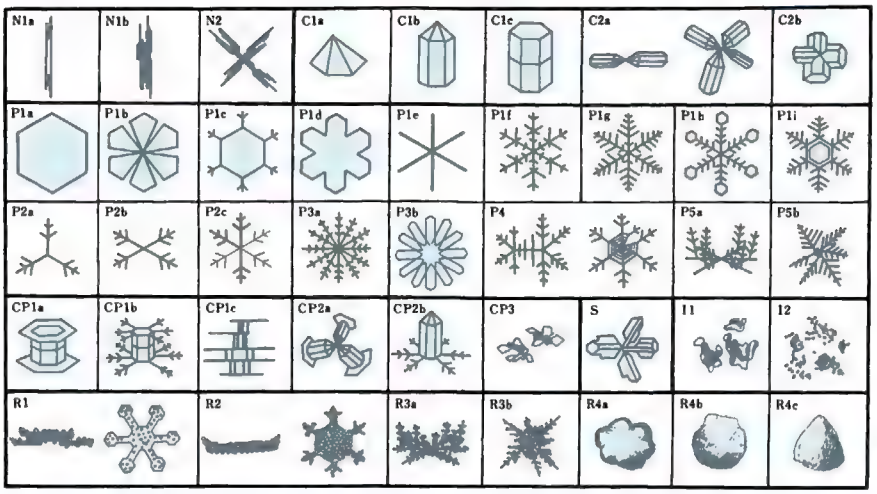


Ilustração da impressionante variabilidade de tipos de cristais de neve

NOAM CHOMSKY

A revista "Scientific American" de maio de 1990 publicou uma pequena nota sobre o perfil de Noam Chomsky, elaborada por John Horgan, sob o título "Free Radical", tratando não só das atividades por ele desenvolvidas no campo da linguística, como também na política.

Deixando de lado o seu ativismo político, destacaremos nesta noticia alguns traços biográficos de Chomsky especialmente ligados à sua concepção sobre a linguagem humana - algo que indica projeto, planejamento e desígnio, e não o resultado da atuação de um acaso cego num suposto processo evolutivo.

Esta notícia complementa uma anterior intitulada "E as Evidências de Planejamento?", na qual William Calvin afirma que "não fossem as intensas oscilações de temperatura associadas às recentes idades glaciais, nossos cérebros não teriam sido estimulados a desenvolver a linguagem...".

Pode-se nesta notícia ver que a linguagem é realmente um dom inato, que nada tem a ver com oscilações de temperatura! Se William Calvin estivesse a par da problemática da linguística moderna, talvez pudesse ter-se abstido de fazer declarações como essa.

Como diziam os latinos "Ne sutor ultra crepidam"!

As inclinações intelectuais de Chomsky manifestaram-se desde cedo. Nascido em Filadélfia em 1928, cresceu como um "ateísta judeu praticante" como ele mesmo declara, acrescentando que "isso não é tão contraditório como parece ser". Aos dez anos de idade escreveu seu primeiro artigo político - uma polêmica contra o golpe fascista na Espanha - para o jornal de sua escola progressista. Um ou dois anos mais tarde, estava estudando gramática do Hebraico medieval com seu pai, um estudioso judeu; como adolescente, ensinou numa escola hebraica (o que não foi tão mau para quem não tinha aptidão para línguas...).

Desqualificado no decurso dos estudos preparatórios para a Universidade, em fins de 1940, Chomsky entretanto recebeu a influência de Zellig S. Harris, linguista da Universidade de Pennsylvania. Naqueles tempos a Linguística - na realidade, todas as Ciências Sociais - era dominada pelo Behaviorismo, que defendia a tese de que a Ciência deveria considerar somente o que pode ser observado, e que os estados da mente estão além do seu escopo.

Os behavioristas também se apegavam à noção - discutida pelo filósofo britânico John Locke no século XVII - de que a mente inicia-se em um "estado em branco" que passa então a registrar somente experiências

posteriores. A estrutura da linguagem, então, deveria também ser modelada pelas circunstâncias e não por predileções inatas, devendo assim ser essencialmente arbitrária. Como resultado desses pontos de vista, a maioria dos linguistas concentrava-se mais na catalogação da fauna e da flora das línguas em toda sua fascinante variedade, do que na tentativa de descobrir seus princípios subjacentes.

Estimulado por Harris, que era um intelectual independente, Chomsky desafiou a abordagem behaviorista. Chomsky argumentou que, da mesma forma como a leitura efetuada em um medidor no laboratório de Física só tem significado à medida que traga luz sobre o fenômeno físico, a linguagem também só tem interesse se revelar a estrutura da mente. Ele advogou que a focalização da Linguística se deslocasse dos epifenômenos da linguagem para uma questão epistemológica. O que faz com que a mente saiba quando ela conhece uma língua, e como passa ela a conhecê-la?

Para penetrar nessa questão, Chomsky começou planejando um sistema de regras que pudesse gerar sentenças gramaticais. Outros linguistas, incluindo Harris, haviam arquitetado tais sistemas, mas Chomsky recorreu à Matemática e à Lógica para criar uma assim chamada "Gramática Generativa", mais rigorosa e abrangente do que qualquer tentativa anterior.

Trabalhando com essa ferramenta, Chomsky mostrou que a linguagem é muito mais complexa do que se pudesse suspeitar - muito complexa para ser completamente aprendida, argumentava ele. Por exemplo, para transformar a sentença "A pessoa está aqui" em uma pergunta a ser respondida com um sim ou um não, inverte-se a ordem: "Está a pessoa aqui?" *[Na língua inglesa o verbo precede o sujeito na interrogação, o que nem sempre acontece em Português, devendo isso ser levado cm conta na tradução deste exemplo.]* Porém, como transformar em pergunta uma sentença ligeiramente mais complexa: "A pessoa que é alta está aqui". Dever-se-ia esperar que uma criança que tivesse compreendido o primeiro exemplo colocasse o é no início da sentença e dissesse : "É a pessoa que está alta aqui?" Porém as crianças nunca cometem esse engano, de conformidade com Chomsky. Elas sempre deslocam o verbo principal e não o primeiro verbo, para o início da sentença.

Chomsky ressalta que esta regra é muito sutil, e de fato é difícil expressá-la seja em termos linguísticos formais, seja em um programa de computação. Não obstante, as crianças a aplicam sem jamais terem sido ensinadas a fazê-lo.

Este exemplo e numerosos outros semelhantes, argumenta Chomsky, mostram que não aprendemos todas as regras da Gramática somente por indução ou por acerto e erro, como criam os behavioristas; alguns princípios fundamentais da linguagem devem já estar inseridos em nosso cérebro. Chomsky insiste que a palavra "aprender" não deveria ser aplicada à linguagem - da forma como ela é aplicada, por exemplo, a dirigir um veículo. Ele compara a capacidade de conversar, com as alterações fisiológicas que se verificam na puberdade; os seres humanos simplesmente desenvolvem ambas as coisas como parte de um processo de crescimento, com um mínimo de influência do ambiente.

As teorias de Chomsky, publicadas pela primeira vez em *Syntatic Structures* em 1957, deram origem a uma reação contra o Behaviorismo, na direção do Cognitivismo - onde os estados da mente são o centro - que continua até hoje. Contra-ataques também foram feitos. Talvez o mais famoso deles tenha ocorrido na década de 1970, na *Columbia University*, onde um grupo de pesquisadores ensinou um chimpanzé - que recebeu o nome de "Chimpsky" - a comunicar-se através da linguagem de sinais. Os investigadores alegavam que suas pesquisas apoiavam o modelo behaviorista e não o de Chomsky. Chomsky, que admite a linguagem ser um traço distintivo dos seres humanos, descarta o suposto desafio. Dizer que os símios podem adquirir a linguagem porque podem aprender alguns simples sinais, argumenta ele, é o mesmo que dizer que os

O famoso Nim Chimsky, êmulo de Noam Chomsky

seres humanos podem voar porque são capazes de saltar.

As ideias de Chomsky continuam a evoluir. Há cerca de dez anos, diz ele, "uma importante mudança de paradigma" ocorreu na Linguística. Ele e outros pesquisadores propuseram que a faculdade inata da linguagem fosse encarada como uma coleção de comutadores inseridos em uma rede elétrica. Todos os seres humanos nascem com essencialmente a mesma rede, porém os comutadores são acionados em posições diferentes - correspondentes a diversas regras gramaticais - dependendo de a criança aprender Swahili, Chinês ou Inglês. O trabalho do linguista, afirma Chomsky, deveria ser olhar para além dessas regras superficiais, em direção à rede subjacente, na qual está incorporada a "estrutura profunda" da linguagem.

Chomsky diz que seu objetivo é fazer as pessoas pensarem, e não convertê-las ao seu ponto de vista. "Normalmente as pessoas perguntam-me: Em quem devo acreditar? E minha resposta normalmente é - Ao me perguntar isso, Você está se pondo em dificuldades, porque não há ninguém em quem Você deva acreditar, nem mesmo eu."

Recomenda-se aos nossos leitores a leitura de artigos e notícias anteriormente publicados na "Folha Criacionista", versando sobre a linguagem humana, como os citados a seguir:

- G.OSTERWAL, "Linguagem e Antropologia", F.C. nº 22.
- J.BERGMAN, "Seria a linguagem exclusiva dos seres humanos?", F.C. nº 27.
- M.A.HARBIN, "A linguagem não evoluiu, foi criada", F.C. nº 46.
- E.v.FANGE, "A arqueologia das palavras e o alfabeto", F.C. nº 46.
- *Science*, "Controvérsia a respeito da linguagem dos símios", F.C. nº 22.
- *Science*, "Somente o homem possui o dom da linguagem?" F.C. nº 24.
- *Nature*, "Genes e a Torre de Babel", F.C. nº 46.
- *Science*, "Disputa sobre as línguas indígenas americanas", F.C. nº 46.
- *New Scientist*, Por que os chimpanzés não são gente? F.C. nº 46.
- *Humanidades*, "A origem da fala", F.C. nº 46.
- *Science*, "Símios, linguagem e inteligência", F.C. nº 46.

O "BIG BANG" E O TELESCÓPIO ESPACIAL HUBBLE

A revista "Time" de 7 de novembro de 1994 apresentou uma notícia sobre a "resposta errada" obtida pelo telescópio espacial Hubble sobre a idade do Universo, que põe em questão acariciadas teorias elaboradas pelos astrofísicos. A seguir transcrevem-se alguns trechos dessa notícia, de autoria de Michel D. Lemonick e Dick Thomson.

O telescópio espacial Hubble realizou alguns feitos científicos espetaculares depois que uma equipe de astronautas em dezembro do ano passado heroicamente corrigiu o defeito de focalização que havia surgido. O observatório em órbita conseguiu enviar impressionantes fotografias do cometa Shoemaker-Levy 9 chocando-se com o planeta Júpiter, descobriu centenas de sistemas solares aparentemente em formação e proveu informações comprovando que gigantescos buracos negros localizam-se nos núcleos das galáxias. Entretanto, tudo isso foi somente o aquecimento para a realização da missão mais ansiosamente esperada do Hubble - a medida da idade do Universo. O assunto da idade dos céus é fascinante não só por si mesmo, mas porque se relaciona também com praticamente todos os demais mistérios do cosmos, desde a história do Universo até o seu futuro destino.

Na última semana, o Hubble pronunciou seu veredicto preliminar - o Universo tem entre 8 e 12 bilhões de anos. Esse dado pode parecer não ter muita precisão, mas foi suficientemente especifico para lançar os astrofísicos em um estado de pro-

funda ansiedade. O problema é que nossa própria galáxia tem estrelas cuja idade se acredita ser de 14 a 16 bilhões de anos. E o que é mais desconfortável para os astrônomos é tentar explicar como poderiam as estrelas terem-se formado antes do início do Universo. Alexei Filippenko, astrônomo da Universidade da Califórnia em Berkeley, que participou da equipe que realizou as observações do Hubble, declarou que "Isso é fantástico ... poderá levar a uma revolução na Cosmologia".

Se o número obtido pelo Hubble para a idade do Universo for confirmado por estudos subsequentes, alguma coisa acontecerá. Talvez os astrofísicos não estejam entendendo a respeito das estrelas tanto quanto supunham - mas isso é considerado improvável. A alternativa é algo chocante - alguma coisa deve estar errada na tão reverenciada teoria de que o Universo tenha tido início com o "big bang" e esteja desde então em expansão.

...A constante de Hubble, este fator de expansão, é calculada através da medida da distância de nossa galáxia até outras (o que não é fácil de ser feito) e da determinação de quão rapidamente essa distância está aumentando (tarefa mais fácil).

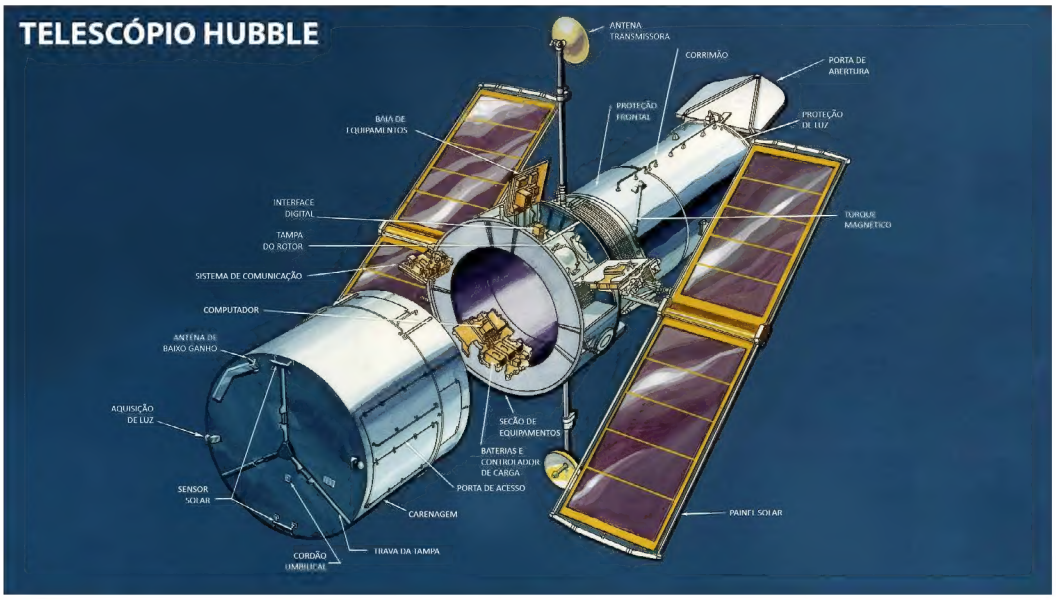
...O telescópio espacial foi orientado em direção ás Cefêidas que se encontram na Galáxia M-100, galáxia esta particularmente distante, situada no aglomerado de galáxias da constelação da Virgem, o que permitiu os cientistas do Hubble estimar a distância da Terra até aquele aglomerado. De conformidade com seu relatório apresentado no periódico "Nature", M-100 está a 56 milhões de anos luz a partir da Terra. A constante de Hubble é igual a 80, levando à conclusão de que o Universo tenha no máximo 12 bilhões de anos.

...O método utilizado pelos cientistas para calcular a idade do Universo baseia-se na hipótese de que ele tenha estado em contínua expansão desde o "big-bang". Se a idade resultante estiver acentuadamente errada, então poderia haver um erro - possivelmente um erro fatal - na Teoria do "big-bang".

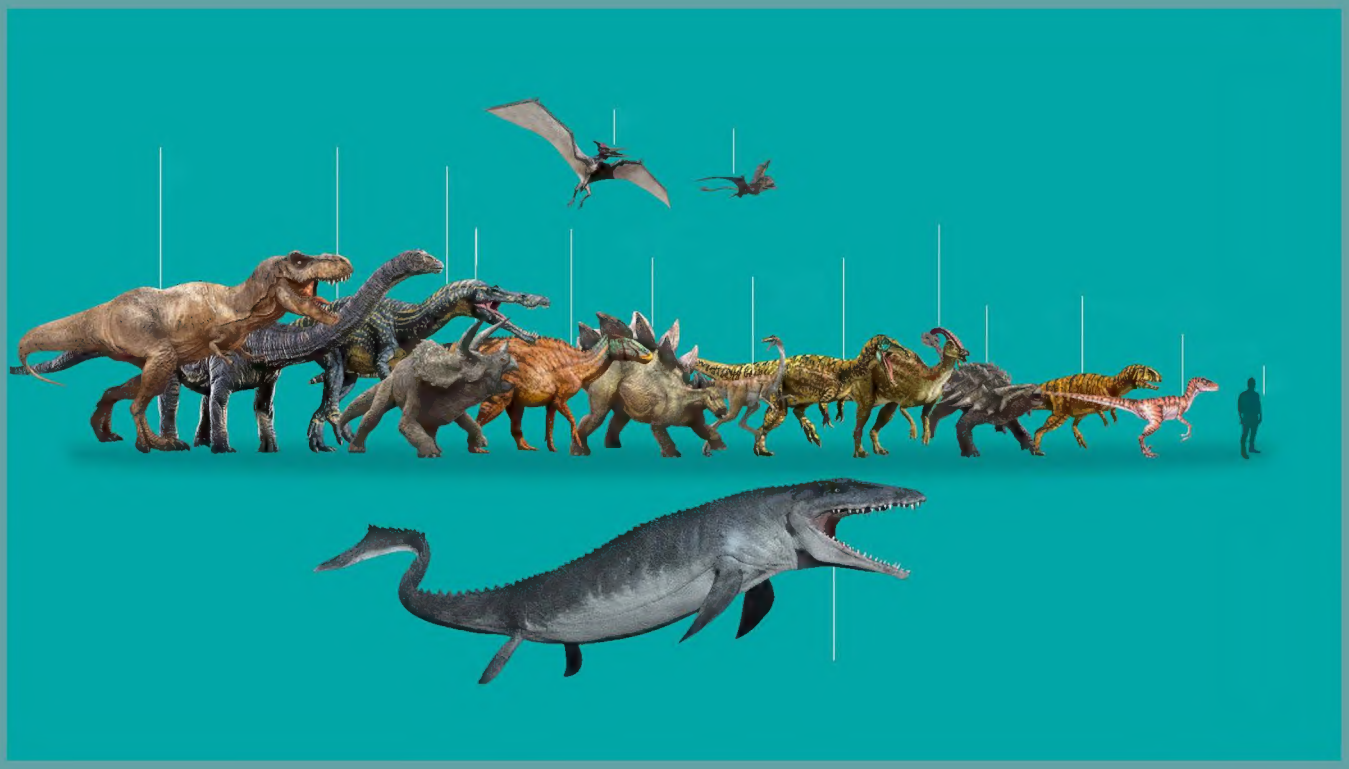
...A tarefa que está à frente agora é fazer estimativas mais precisas da idade do Universo Se o resultado se aproximar dos 12 bilhões de anos então poderão ser feitos ajustes razoáveis à teoria atual, que salvarão o fundamento intelectual da Astrofísica. Se a idade, porém, se aproximar mais dos 8 bilhões, então o "big-bang" poderá ser sepultado".

Além dos aspectos aqui ressaltados que põem em questionamento a teoria do "big-bang", outros têm sido levantados, como se pode ver por exemplo em vários artigos e notícias publicados no número 38 da Folha Criacionista, e também no número 39. Sugerimos a nossos leitores a leitura desses artigos e notícias em conexão com esta notícia sobre o Hubble veiculada pela revista "Time".

Em última análise, subsiste sempre o "erro fatal" das teorias evolucionistas que excluem Deus com Seu planejamento, desígnio e propósito na criação de todas as coisas!



COMPARAÇÃO DE TAMANHOS DE ANIMAIS DE GRANDE PORTE EXTINTOS COM O TAMANHO DO HOMEM



É interessante analisar a figura acima juntamente com as três tabelas que se encontram na página 27, que apresentam dados de comprimento, peso e altura de diversos tipos de dinossauros.

Verifica-se que a maioria dos tipos de dinossauros na realidade compreende intervalos dessas grandezas correspondentes aos mamíferos terrestres atuais de grande porte, como girafas, elefantes e rinocerontes!

Tudo indica que as populações de dinossauros de grande porte seriam ordens de grandeza menores do que as de porte semelhante aos grandes mamíferos atuais.

ISSN 1518-3696
9 771518 369002